

**DISEÑO Y DESARROLLO DE MAQUINARÍA PARA RECUPERACIÓN DE
MATERIAS PRIMAS PLÁSTICAS APROVECHABLES**

**DESIGN AND DEVELOPMENT OF MACHINERY FOR RECOVERY OF
PLASTICS WASTE MATERIALS**

DANIEL WILFREDO JARAMILLO DUQUE

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR AL TÍTULO DE MAGISTER EN INGENIERÍA**

DIRECTOR:

FABIO ANTONIO PINEDA BOTERO

ESCUELA DE INGENIERÍAS

UNIVERSIDAD EAFIT

MAESTRÍA EN INGENIERÍA

MEDELLÍN

2020

NOTA DE ACEPTACIÓN:

PRESIDENTE DEL JURADO

Jurado

Jurado

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4. OBJETIVOS.....	4
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
2.2. IMPORTANCIA DEL RECICLAJE.....	5
2.2. METODOLOGÍA.....	6
2.3. RESINAS PLÁSTICAS IMPORTADAS	8
2.4. EXPORTACIONES DE RESINAS PLÁSTICAS	9
2.5. IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DE PRODUCTOS ELABORADOS DE RESINAS PLÁSTICAS.	10
2.6. PRINCIPALES MATERIALES RECICLADOS EN EL PAÍS.....	14
2.7. TIPOS DE RECICLAJE PARA MATERIALES PLÁSTICOS.....	16
2.7.1. RECICLAJE QUÍMICO	16
2.7.2. RECICLAJE ENERGÉTICO.....	17
2.7.3. RECICLAJE MECANICO DE PLÁSTICOS.....	17
3. PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN.....	24
3.1. PROCESOS DE EXTRUSIÓN.....	24
3.2. EXTRUSORAS DE PLASTIFICACIÓN.....	25
3.3. COMPONENTES DE LA UNIDAD DE PLASTIFICACIÓN.....	25
3.3.1. HUSILLO O TORNILLO DE PLASTIFICACION.....	27
3.3.2. TOLVA DE ALIMENTACIÓN.....	32
3.3.3. MOTOR DE ACCIONAMIENTO Y SISTEMAS DE TRANSMISIÓN.....	35

3.3.4. CAMISA DE REFRIGERACIÓN O ENFRIAMIENTO	37
3.3.5. BARRIL O CILINDRO.	38
3.3.6. CAMBIA FILTROS Y PLATO ROMPEDOR.	41
3.3.7. CABEZAL	43
4.1. ZONA DE ALIMENTACIÓN Y TRANSPORTE DE SÓLIDOS.	45
4.2. ZONA DE FUSIÓN O PLÁSTIFICACIÓN.....	46
4.2.1. MODELO DE PLASTIFICACIÓN POR REMOCIÓN DEL FUNDIDO	47
4.2.2. VELOCIDAD RESULTANTE EN EL MODELO DE FUNSIÓN.	50
4.2.3. LA TEMPERATURA EN EL MODELO DE REMOCIÓN DE FUNDIDOS. ...	54
4.3. ZONA DE DOSIFICACIÓN.	60
5.1. PARÁMETROS DE DISEÑO PARA FABRICACIÓN DE TUBERÍAS Y MANGUERAS EXTRUIDAS.	63
5.2. DIMENSIONES Y MEDIDAS DEL TORNILLO DE LA EXTRUSORA.....	64
5.3. CALCULO DEL MOTOR Y LA POTENCIA DE TRANSMISIÓN.....	72
5.4. CALCULO DE LA CARGA SOBRE LOS RODAMIENTOS.	74
5.5. CALCULO DE LA TRANSMISIÓN POR LAS POLEAS.....	77
5.6. PARÁMETROS PARA LA UNIDAD DE POST-EXTRUSION DE TUBERIA...81	
5.7. CALCULO DEL FLUJO VOLUMETRICO EN CABEZALES DE TUBERÍA.	87
5.8. RECICLADO Y PROCESAMIENTO DE PLASTICOS EN MEDELLÍN Y EN EL VALLE DE ABURRÁ.....	89
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
6.1. CONCLUSIONES	91
6.2. RECOMENDACIONES.....	93
6.3. BIBLIOGRAFÍA.....	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Siglas para la clasificación de los materiales plásticos.....	5
Figura 2. Porcentajes de resinas plásticas fabricadas en Colombia (2016)	7
Figura 3. Toneladas de resinas plasticas importadas en el año 2016	8
Figura 4. Precio del petróleo WTI vs Precio del polipropileno 2008-2016	15
Figura 5. Tamiz para homogenizar el tamaño de partícula en molinos de plásticos...	18
Figura 6. Molino tipo desgarrador para plásticos	19
Figura 7. Principales componentes de un molino tipo desgarrador y un molino con cuchillas tipo guillotinas	20
Figura 8. Render de un molino de cuchillas tipo guillotina	20
Figura 9. Render de secadora de plásticos	22
Figura 10. Medición de temperaturas para PP recuperado, luego del proceso de secado	23
Figura 11. Perfiles y tuberías extruidas en materiales plásticos.....	24
Figura 12. Esquema de una extrusora monohusillo de clasificación	26
Figura 13. Principales componentes de una línea de extrusión.....	26
Figura 14. Esquema de un husillo convencional seccionado	27
Figura 15. Dimensiones y parámetros de un husillo convencional.....	28
Figura 16. Torna convencional para extrusoras.....	32
Figura 17. Hojuelas de PVC recuperado de empaques de cosméticos.....	33
Figura 18. Pellets de PP y masterbatch para procesamiento de rafias	34
Figura 19. Motores y servomotores para máquinas de extrusión	36
Figura 20. Camisa de enfriamiento para la zona de alimentación	37
Figura 21. Componentes de un barril de extrusión	38
Figura 22. Montaje convencional de una extrusora.....	39
Figura 23. Mallas filtros para procesos de extrusión	42
Figura 24. Mecanismos para cambios de filtros	42
Figura 25. Cabezal para tuberías convencionales	43

Figura 26. Cabezal para películas plana convencional	44
Figura 27. Partes y componentes de un cabezal plano.....	44
Figura 28. Corte transversal de la extrusora, evidenciando las zonas de fundido..	45
Figura 29. (A) Lecho sólido en un canal desarrollado, (B) distribución de las zonas de fundido en el canal de un husillo.....	46
Figura 30. Sistema de coordenadas del husillo extrusor	48
Figura 31. Comportamiento de la viscosidad vs Rata de cizalladura	49
Figura 32. Perfil de velocidades.....	50
Figura 33. Componentes de la velocidad tangencial.....	51
Figura 34. Ángulos de paso y de transporte en la zona de alimentación.....	51
Figura 35. Diferencial de volumen para esquematizar el modelo de remoción de fundido de Tadmor.....	53
Figura 36. Fenómeno de fusión para el modelo de remoción de fundido	54
Figura 37. Comportamiento del modelo de fusión de Tadmor, respecto al número de vueltas y la relación X/W.....	60
Figura 38. Perfil de plastificación para el husillo diseñado	69
Figura 39. Diagrama de cargas para un husillo de extrusión..	74
Figura 40. Elección del tipo de sección de correas	78
Figura 41. Factor según tipo de polea.....	79
Figura 42. Potencia para poleas tipo B	80
Figura 43. Calibrador para tubería y mangueras.....	82
Figura 44. Manómetro y bomba de vacío para procesos de extrusión de tuberías.	83
Figura 45. Tanque de enfriamiento para extrusión de tuberías	85
Figura 46. Unidad de calandrado o halado	86
Figura 47. Unidad de marcación para tuberías	87
Figura 48. DSC para muestras de PVC recuperado	88
Figura 49. Dimensiones del cabezal para tubería	89

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Producción de resinas plásticas en Colombia.....	6
Tabla 2. Toneladas de resinas importadas en el año 2016 a Colombia	9
Tabla 3. Importaciones y exportaciones de los principales productos plásticos entre los años 2014 hasta el 2016	11
Tabla 5. Principales sectores consumidores de materias plásticas desde el 2014 hasta el 2016	11
Tabla 6. Toneladas de plásticos de consumo interno en el país.....	14
Tabla 7. Aplicaciones más comunes para los principales polímeros reciclados	15
Tabla 8. Emisividad térmica para diversos materiales.....	23
Tabla 9. Relación de compresión y temperatura de procesamiento para varias resinas.....	29
Tabla 10. Dimensiones y relaciones típicas para procesos de extrusión.....	31
Tabla 11. Densidad de empaque del PE según la forma de las partículas.....	34
Tabla 12. Características de las máquinas de extrusión de un husillo.	35
Tabla 13. Temperaturas de procesamiento recomendadas para varios materiales plásticos	40
Tabla 14. Especificaciones de mallas filtros para procesos de extrusión.	41
Tabla 15. Ecuaciones para flujos volumétricos de cabezales	62
Tabla 16. Dimensiones del husillo para la extrusora de tubería.	66
Tabla 17. Parámetros para el procesamiento en la simulación	66
Tabla 18. Temperaturas de procesamiento para la simulación	67
Tabla 19. Estudio reológico para un polipropileno 01H41 de Essentia.....	68
Tabla 20. Potencia requerida en HP para varios polímeros.	73
Tabla 21. Factor de servicio para transmisiones de poleas.....	78
Tabla 22. Parámetros para la transmisión por poleas para la unidad de platificación.	81
Tabla 23. Dimensiones comerciales para tubería eléctrica	82
Tabla 24. Empresas comercializadoras de plástico reciclado	90

RESUMEN.

De acuerdo con los estudios realizados por Acoplásticos (Asociación colombiana de industrias plásticas), Colombia genera en promedio un 33% de residuos de material aprovechable y de este porcentaje solo el 14% (entre cartón, papel, metales, maderables y plásticos) pasa por un proceso de aprovechamiento y el 86% restante terminan en los rellenos sanitarios o dispuestos de forma inadecuada en mares, ríos, reservas naturales, zonas urbanas, etc. Esto tiene diversas afectaciones en el ecosistema y en la vida útil de los rellenos sanitarios que generalmente son zonas naturales afectadas para la disposición de los residuos, principalmente el residuo aprovechable que más impacto negativo genera es el plástico debido a su largo proceso de degradación de más de 150 años.

Debido a la situación social y cultural de los hogares e industrias Colombianas, la separación de los residuos no hace parte de la cotidianidad, lo que hace que el proceso de aprovechamiento sea más complejo, ya que la inadecuada clasificación y separación en la fuente determina en gran parte el lugar donde termina el residuo, es decir, si un hogar colombiano dispone una botella de PET (Tereftalato de polietileno) en los residuos ordinarios, los vehículos recolectores no harán una clasificación y posteriormente la botella llegará al relleno sanitario donde ya no será aprovechada.

Adicional a la problemática social y cultural, hoy la industria de aprovechamiento no cuenta con instalación y capacidad productiva para la recuperación del más de un millón cuatrocientas mil toneladas de plástico que se comercializa anualmente en Colombia, adicional hay una oportunidad de negocio que aún no ha sido explotada en gran medida por las empresas que hacen uso de la nueva materia prima que ha sido recuperada o reciclada, y esto pasa debido a que actualmente no se cuenta con maquinaria de fácil adquisición, de bajo costo y producida nacionalmente que permita fáciles emprendimientos que usen como materia prima el plástico.

El presente proyecto propone brindar una alternativa factible en la fabricación de maquinaria para la industria y emprendimientos del sector que les permita crecer fácilmente en generación de nuevos productos plásticos con este material recuperado.

Palabras Clave: plástico, polipropileno, polietileno, residuo, aprovechable, plastificación, extracción.

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN.

Uno de los cambios que ha tenido el sector industrial durante su evolución, ha sido el aumento en el uso del plástico como materia prima para la generación de diversos productos que cada vez son más demandados y por tanto producen cada vez más residuos.

Después de que los polímeros se convierten en productos comerciales y se venden al consumidor, el producto es consumido y posteriormente desechado, este residuo requiere de tiempos prolongados para su degradación lo que significa que este tipo de material genera problemáticas ambientales, adicional que la disposición final que tiene, muchas veces no es la correcta y el material termina en playas, mares o bosques de forma inadecuada, aumentando la dificultad de darle una apropiada disposición, por esto, la sociedad ha tenido que ir desarrollando soluciones que disminuyan el impacto negativo que ha estado generando el plástico en el medio ambiente.

El reciclaje ha sido una de las soluciones más adecuadas para esta problemática, es un proceso simple que depende de la adecuada disposición para que posteriormente sea ingresado nuevamente al inicio de la cadena productiva como materia prima, pero parte de que este proceso se dé, depende de la sociedad y de la educación ambiental que esta tenga.

El presente proyecto brinda a la industria colombiana de perfiles circulares como mangueras y tuberías, que basan su producción en el uso del plástico, una forma de aumentar su capacidad productiva a partir del diseño y desarrollo de maquinaria que puede ser fácilmente implementada y adecuada, evitando la compra de máquinas extranjeras de alto costo que limitan su adquisición y por tanto la producción nacional de productos a base de plástico reciclado.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es alarmante el procedimiento actual, que implementan muchas ciudades en el país para la disposición final de los residuos o desechos generados por la sociedad, entre los residuos se encuentran diferentes productos plásticos de uso cotidiano en los hogares colombianos, que dependen de un tiempo prolongado para su degradación y causan innumerables efectos negativos al medio ambiente y a nuestros ecosistemas; la mala disposición de los plásticos inicia en los hogares colombianos donde no se hace una adecuada separación del material aprovechable que termina de forma incorrecta en los rellenos sanitarios, esto ocasiona la disminución de la vida útil de los rellenos y la necesidad de generar nuevos rellenos de forma acelerada ya que la cantidad de desechos son cada día más.

Adicional, Colombia no tiene controles para garantizar que en los hogares se dé efectivamente una adecuada separación, o programas educativos de calidad que reflejen de manera eficientemente la disminución de material ordinario dirigido a rellenos sanitarios y aumento de material aprovechable que ingresa nuevamente a una cadena productiva.

Un ejemplo de esta problemática en el valle de Aburrá y en el departamento de Antioquia se puede apreciar en el relleno sanitario la Pradera, ubicado en el municipio de Don Matías, el cual cuenta con un área total de 382 hectáreas, este relleno sanitario alberga diariamente unas 3.086 toneladas de desechos sólidos ordinarios provenientes del municipio de Medellín y otros 23 municipios del departamento, actualmente, el relleno sanitario de la Pradera ha reducido su vida útil, la cual estaba estimada hasta el año 2030, pero que hoy ya solo cuenta con 3 años de vida útil, lo que ha generado que actualmente Empresas Varias de Medellín E.P.S. tenga como proyectos (2020-2023) la ampliación del vaso “Altair” y el inicio del nuevo vaso “Piñuela”.

El panorama de los rellenos sanitarios del país es crítico, según el departamento nacional de planeación, se requiere una inversión de \$3,3 billones en los próximos 10 años para garantizar el 100 por ciento de disposición final adecuada y cerrar las brechas de cobertura en recolección entre las áreas urbanas y rurales, y claramente hay una ausencia pedagógica en cuanto al manejo de los residuos, ya que a los rellenos sanitarios solo deberían ir residuos que realmente no pueden ser reciclados.

Estos motivos dan lugar al desarrollo de programas y proyectos enfocados a la implementación y uso de productos reciclables; muchas formas y métodos para poder reutilizar y recuperar los diferentes tipos de materiales plásticos que no deberían ingresar a los rellenos sanitarios ni estar dispuestos en el ecosistema

1.3. JUSTIFICACIÓN.

La formulación y desarrollo de proyectos con plásticos recuperados, el desarrollo de polímeros biodegradables, el reciclaje térmico y el reciclaje químico de plásticos, han ido tomando cada vez más un protagonismo en la industria; debido a los incentivos ecológicos, sociales y económicos que brinda la llamada economía circular, principalmente por que el costo de la materia prima virgen es muy alto respecto a los plásticos reciclados.

Esta iniciativa pretende incentivar el uso de material plástico recuperado en Colombia, que hasta el momento no ha sido reconocido popularmente como aprovechable, para que a través de una mayor recuperación de plástico haya una disminución al impacto negativo que ha causado la inadecuada gestión del plástico en el medio ambiente

Apoyar a la industria que hace uso de este residuo como materia prima, para que el reciclaje sea una prioridad para la sociedad en general y todos los entes que intervienen en el proceso de recuperación.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL.

Desarrollar y diseñar maquinaria para el procesamiento de materias primas plásticas aprovechables, las cuales puedan ser reutilizables industrialmente para disminuir la contaminación que generan estos desechos en el medio ambiente. En este caso, una máquina de extrusión que permita procesar una variedad de materiales plásticos, como Polietilenos, Polipropilenos, Policloruro de Vinilos, entre otros.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Adquirir un conocimiento técnico de los materiales poliméricos recuperables que se comercializan comúnmente en la industria.
- Hacer un análisis detallado de los materiales plásticos que se desechan en el país.
- Distinguir las clases de procesamiento de estos materiales para la elaboración de productos, como la inyección, extrusión, termoformado, soplado, y definir el mejor procesamiento para la producción de plásticos aprovechables en el país.
- Adquirir un conocimiento sobre las tecnologías para la recuperación de polímeros actuales.
- Proponer maquinaria y procedimientos de recuperación para los materiales plásticos aprovechables más utilizados en la industria.

CAPÍTULO 2: Marco Teórico.

2.2. IMPORTANCIA DEL RECICLAJE.

Reciclar es un proceso simple que nos puede ayudar a resolver muchos de los problemas creados por la forma de vida moderna. Cuando se consuman menos combustibles fósiles, se genera menos CO₂ y por lo tanto habrá menos lluvia ácida, y habrá una reducción del efecto invernadero. A mediados de los 80, el sector industrial del plástico admitió que aproximadamente 3,8 barriles de petróleo se podrían ahorrar si se reciclaba una tonelada de PET (Tereftalato de polietileno), el reciclaje de los plásticos es fundamental para la humanidad, el medio ambiente y para la preservación de nuestros recursos naturales. (Martignon et al. 2017)

Para facilitar el proceso de clasificación, la sociedad de la industria del plástico (SPI por sus siglas en inglés) desarrollo un código de identificación que se ubica en la mayoría de los productos de materiales poliméricos, este código numera del 1 al 7 a cada tipo de material plástico que se produzca.(Mantia 2002)



Siglas del Material

<i>Número</i>	<i>Siglas del Material</i>	<i>Descripción</i>
01	PET	Polietileno de Tereftalato
02	PEAD - HDPE	Polietileno de Alta Densidad
03	PVC	Polivinilo Cloruro
04	PEBD – LDPE	Polietileno de Baja Densidad
05	PP	Polipropileno
06	PS	Poliestireno
07	Otros	Otros Materiales

Figura 1. Siglas para la clasificación de los materiales plásticos. (Mantia 2002)

El sistema de numeración no implica que todos estos polímeros sean reciclados. En la mayoría de las comunidades, los polímeros termoplásticos como el PET, polipropilenos y el HDPE (polietileno de alta densidad) se aceptan para el reciclaje. En algunos casos, el LDPE (polietileno de baja densidad) se recicla, pero pocas compañías comerciales encuentran económico el reciclaje de otros polímeros; cabe destacar que los materiales poliméricos termoestables no son reciclables. (Newell 2011)

Los materiales que se reciclan con mayor interés en la industria colombiana actual son el PET, PP y Polietilenos (HDPE y LDPE), estos materiales son los componentes fundamentales de infinidad de productos que se implementan a diario; por ejemplo, el Tereftalato de polietileno (PET) es uno de los polímeros más

fácil de reciclar. Este material es el más utilizado en la fabricación de botellas de bebidas, se deben de clasificar por color en el proceso de separación, luego se muelen como escamas o lentejuelas y se lavan. Los pellets limpios se recolectan y tienen muchos usos, incluyendo las fibras de tapetes, botellas nuevas para usos alimenticios y como relleno para almohadas y colchas; los factores limitantes para el reciclaje del PET suelen ser la necesidad de clasificar a mano y el costo del transporte y logística de las voluminosas pacas de botellas vacías de gaseosas, aguas y bebidas energizantes, este caso es similar para otros materiales plásticos, en los cuales tener una correcta separación, molienda, lavado, secado y si se desea un peletizado del material, permitirá procesos más homogéneos y productos con mejores propiedades. (Mantia 2002)

2.2. METODOLOGÍA.

Con el fin de llevar a cabo el estudio de la industria del reciclaje en el país, se analizan las cantidades de material plástico que ingresan y que son producidas por los sectores plásticos a nivel nacional, tanto en materias primas vírgenes, materias primas recicladas y productos elaborados a base de resinas plásticas que se importan y exportan, de esta forma se podrán identificar que materias primas son las de mayor consumo y cuales irán a parar a rellenos sanitarios.

Para poder determinar estas cantidades de materiales plásticos que posiblemente podrían convertirse en materiales aprovechables, se debe conocer las toneladas de materiales plásticos que consume internamente el país, la siguiente tabla ilustra las toneladas de materia prima virgen que se produjeron en Colombia desde el año 2014 hasta el 2016.

PRODUCCIÓN DE RESINAS PLÁSTICOS EN COLOMBIA				
TIPO DE RESINA	IDENTIFICACIÓN	2014	2015	2016
		TON	TON	TON
Policloruro de Vinilo	PVC	480.000	482.000	482.000
Poliestirenos	PS	110.000	110.000	110.000
Polietileno de baja Densidad	LDPE	56.000	66.000	66.000
PET para envases y láminas	PET	55.000	55.000	60.000
Polímeros de Polipropileno	PP	500.000	500.000	500.000
Resinas de Poliéster Insaturadas		50.000	60.000	60.000
Otras resinas		47.000	55.000	55.000
Total		1.298.000	1.328.000	1.333.000

Tabla 1. Producción de resinas plásticas en Colombia, (Cárdenas et al. 2018)

En el año 2016, más de un millón trescientas mil de toneladas de materias primas plásticas se fabricaron en el país, entra las cuales, el policloruro de vinilo y el polipropileno corresponden conjuntamente a un 74% del total; las resinas de polipropileno se venden internamente para la producción de empaques de alimentos, sacos o costales, para la producción de envases desechables, empaques de químicos, cosméticos, entre otros productos; y las resinas de PVC se utilizan principalmente para la fabricación de perfiles, tuberías de uso domiciliario e industrial, para fabricación de láminas y empaques de químicos (empaques de disolventes y de jabones). (Cárdenas et al. 2018)

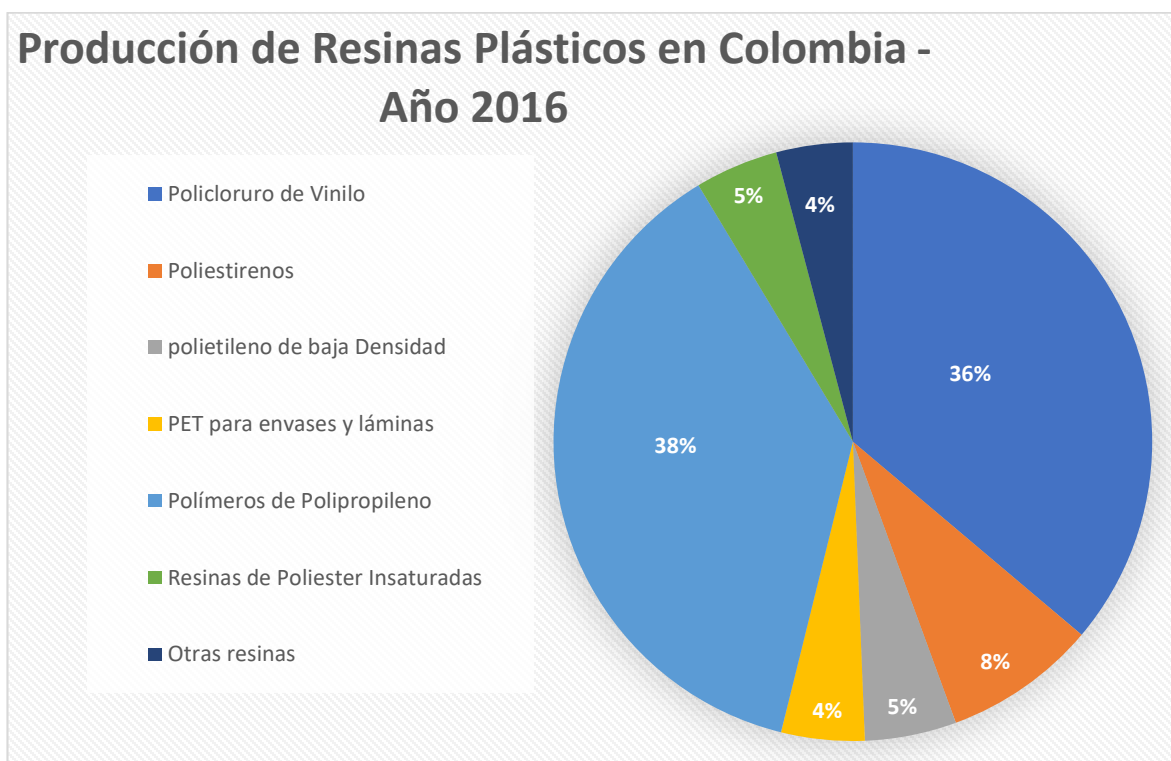


Figura 2. Porcentajes de resinas plásticas fabricadas en Colombia (2016).
(Cárdenas et al. 2018)

La figura 2, ilustra los porcentajes de resinas que se fabrican nacionalmente, en la cual se puede apreciar que las resinas de polietilenos, tanto el PEBD y PET representan un 10% del total de las resinas manufacturadas, se debe tener cuenta que el PET es usado mayormente en la fabricación de botellas de uso alimenticio; y el polietileno es muy implementado en la fabricación de láminas extruidas, en la producción de empaques de alimentos, en la producción de bolsas, y de una gran cantidad de productos inyectados para diversos usos; el 16% restante corresponden a las resinas de poliestirenos, que son muy usados en la fabricación de envases desechables (Poliestirenos expandidos), y las resinas de poliéster insaturadas, las cuales son muy utilizadas como matrices o como compuestos principales de

materiales compuestos, estas se conocen comercialmente como resinas Epoxi, se implementan en la fabricación de masillas o productos de unión o adhesión usando agentes catalizadores o endurecedores.(Mantia 2002)

2.3. RESINAS PLÁSTICAS IMPORTADAS

La producción de resinas plásticas en el país no es suficiente para abastecer y soportar toda la demanda de las empresas manufactureras nacionales, por esta razón, al país ingresan una gran cantidad de toneladas de resinas plásticas al año, las cuales deben de tener un código arancelario para su importación.

En el año 2016, ingresaron al país por importaciones más de 750.000 toneladas de resinas plásticas, esto equivale a más del 50% de toneladas de resinas plásticas fabricadas nacionalmente, si se suman las toneladas de resinas que se fabrican nacionalmente más las resinas que ingresan importadas, el total en toneladas de resinas que circulan en el país es de más de 2 millones de toneladas año. (Cárdenas et al. 2018)

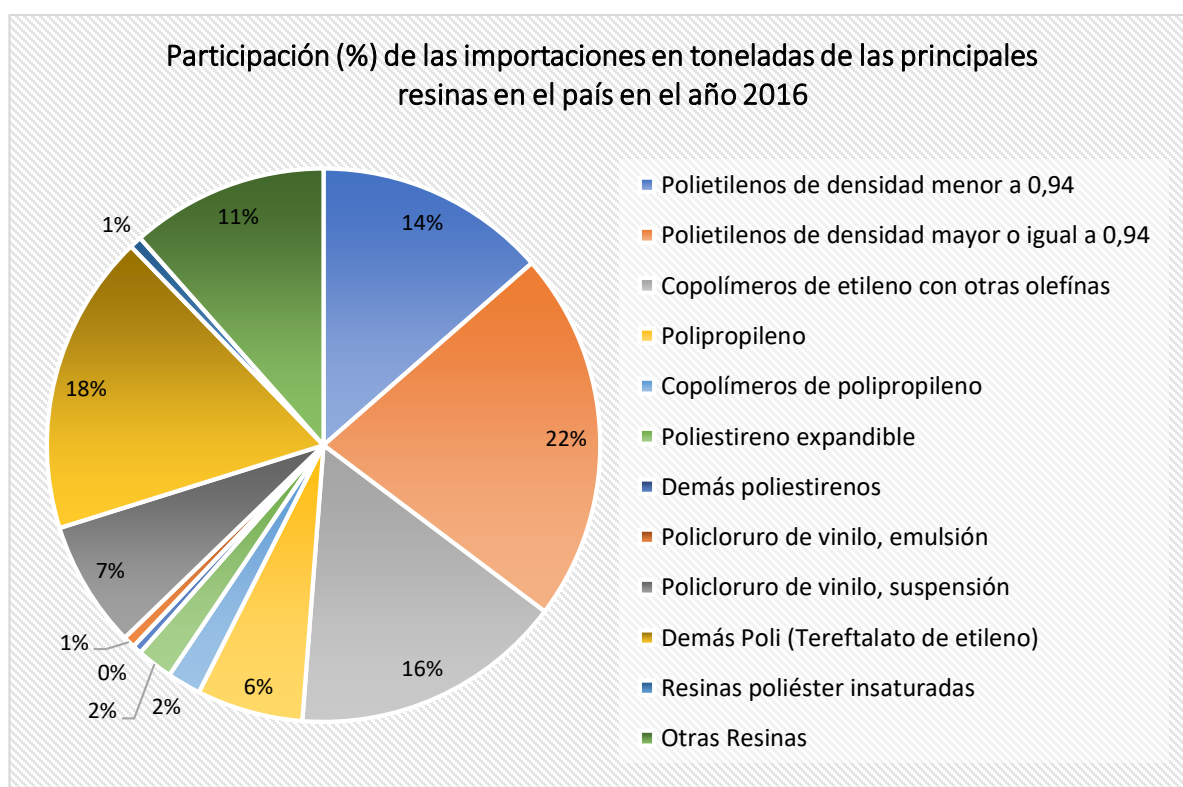


Figura 3. Toneladas de resinas plásticas importadas en el año 2016. (Cárdenas et al. 2018)

La tabla 2, ilustra las toneladas totales de resinas que se importaron en el año 2016 con sus respectivos códigos arancelarios y el precio promedio en dólares de cada tonelada de resina.

TIPO DE RESINA	CÓDIGO ARANCELARIO	AÑO 2016	
		TON	PROMEDIO \$US/TON
Polietilenos de densidad menor a 0,94	3901100000	93.294	\$1.262,3
Polietilenos de densidad mayor o igual a 0,94	3901200000	173.293	\$1.143,0
Copolímeros de etileno con otras olefinas	3901901000	123.826	\$1.219,1
Polipropileno	3902100000	53.550	\$1.080,2
Copolímeros de polipropileno	3902300000	16.108	\$1.329,1
Poliestireno expandible	3903110000	16.716	\$1.310,3
Demás poliestirenos	3903190000	5.441	\$1.178,9
Policloruro de vinilo, emulsión	3904101000	5.473	\$1.305,1
Policloruro de vinilo, suspensión	3904102000	51.348	\$738,8
Demás Poli (Tereftalato de etileno)	3907609000	123.485	\$980,2
Resinas poliéster insaturadas	3907910000	4.215	\$1.894,3
Otras Resinas		87.467	\$1.873,3
Total de Resinas plásticas (Toneladas)		754.839	

Tabla 2, Toneladas de resinas importadas en el año 2016 a Colombia (Cárdenas et al. 2018)

2.4. EXPORTACIONES DE RESINAS PLÁSTICAS

La tabla 3, ilustra las resinas poliméricas producidas a nivel nacional que se exportan, las resinas de polipropileno es la materia prima plástica que más exporta la industria de las poliolefinas, la cual asciende aproximadamente a 185.000 toneladas, esto equivale un 37% del total de resinas de polipropileno fabricadas nacionalmente.

Por otro lado, las exportaciones de resinas de PVC, tanto tipo emulsión como suspensión ascienden a más 270.000 toneladas al año, esto equivale a un 54% de total fabricado, esto implica que la demanda nacional de polipropilenos es mayor respecto a la demanda de resinas de PVC. En Colombia el consumo interno de resinas de polipropilenos es 300.000 toneladas al año aproximadamente.

Las resinas de polipropilenos, tanto homopolímeros como copolímeros son las materias primas más utilizadas nacionalmente, esto se debe a su versatilidad, su fácil probabilidad y por sus propiedades mecánicas.

Tipo de Resina	Exportaciones MP (Año 2016)	
	Ton	Promedio \$US/Ton
Poliétilenos de densidad menor a 0,94	12.833	\$1.314,9
Polipropileno	185.196	\$1.145,6
Copolímeros de polipropileno	109.162	\$1.273,3
Poliestireno expandible	11	\$1.541,7
Demás poliestirenos	45.571	\$1.381,6
Policloruro de vinilo, emulsión	37.595	\$1.102,8
Policloruro de vinilo, suspensión	236.893	\$796,7
Demás Poli (Tereftalato de etileno)	5.002	\$906,0
Resinas poliéster insaturadas	5.072	\$1.814,4
Otras Resinas	29.312	\$1.421,9
TOTAL	666.647	

Tabla 3. Exportaciones de resinas plásticas año 2016. (Cárdenas et al. 2018)

2.5. IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DE PRODUCTOS ELABORADOS DE RESINAS PLÁSTICAS.

Para efectivamente conocer cuánto material plástico se comercializa en el país, no sólo se debe tener en cuenta el material peletizado como materia prima, también se debe de tener en cuenta los productos a base de materiales plásticos que ingresan al país y las toneladas de productos plásticos que se exportan, de esta forma se podrá ponderar la cantidad de material que posiblemente se podría reciclar o aprovechar.

La tabla 4, representa las toneladas de productos plásticos que se importaron y que se exportaron en el trienio 2014-2016, en este trienio, las exportaciones e importaciones fueron descendiendo cada año; desde el año 2014 hasta el 2016, las exportaciones e importaciones descendieron aproximadamente un 5%, pero la fabricación de resinas plásticas e importación de resinas plásticas fueron aumentando en este mismo periodo, esto quiere decir que el consumo nacional de plásticos aumentó. (Cárdenas et al. 2018)

IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN DE PRODUCTOS PLÁSTICOS EN COLOMBIA			
Descripción	2014	2015	2016
	TON	TON	TON
Importaciones de los principales productos plásticos	290.004	276.076	275.585
Exportaciones de los principales productos plásticos	132.314	131.945	125.693

Tabla 4, Importaciones y exportaciones de los principales productos plásticos entre los años 2014 hasta el 2016. (Cárdenas et al. 2018)

Los productos que actualmente se comercializan en el país, se utilizan principalmente en 5 sectores, en el sector de manufacturas de empaques y envases plásticos, en el sector de la construcción, en el sector institucional o consumidor, en el sector agrícola y un último sector, el cual cobija el sector automotriz, partes industriales, láminas extruidas, deportes, entre otros.

La tabla 5, evidencia los porcentajes de distribución de la demanda de los materiales plásticos entre los años 2014 hasta el 2016, cada porcentaje equivale al tonelaje de resinas consumidas por la industria local fabricante de productos intermedios y finales de plástico. (Cárdenas et al. 2018)

PRINCIPALES SECTORES CONSUMIDORES DE MATERIAS PLASTICAS (2014 -2016)	
TIPO DE PRODUCTO	PORCENTAJE (%)
Empaques y envases: para productos alimenticios, productos de higiene y aseo, productos industriales, lubricantes.	56%
Construcción: tubería, accesorios, pisos, tejas, perfiles, cables, bañeras.	22%
Institucional / consumidor: calzado, cepillos, escobas, artículos de mesa y cocina, colchones, muebles	6%
Agricultura: película para invernaderos, acolchados y telas sombra, mangueras y tubos.	9%
Otros: láminas, partes industriales y para industria automotriz, deportes y varios.	7%
	100%

Tabla 5, Principales sectores consumidores de materias plásticas desde el 2014 hasta el 2016.(Cárdenas et al. 2018)

El sector de empaques y envases, constituyen el 56% de los productos manufacturados y comercializados en el país, es decir, de las más de dos millones de toneladas de resinas plásticas de uso nacional, aproximadamente 1,12 millones de toneladas de resinas son usadas para la fabricación de empaques y envases plásticos, (Cárdenas et al. 2018);

Los empaques y envases plásticos se pueden producir por diversas tecnologías, por procesos de extrusión y posteriormente tejeduría de rafia; rafia se denomina a las cintas o fibras naturales y sintéticas que se implementan para la fabricación de telas, cordeles y sogas, las cuales se fabrican en diversos calibres y dimensiones; la rafia se mide comúnmente con un número o título Tex o Denier, Tex para el sistema europeo y Denier para el sistema americano, el título Denier es la masa en gramos de 9000 metros de cinta y el título Tex es la masa en gramos de 10.000 metros de cinta.

para fabricar cordeles y sogas y en Denier o) (sacos y costales), termoformado, inyección e inyección soplado, estos productos son fabricados principalmente con polímeros termoplásticos, entre ellos se encuentran los polipropilenos (PP), tanto homopolímeros como copolímeros; polietilenos de baja y de alta densidad, tereftalatos de polietilenos (PET) y poliestirenos (PS).

El sector de la construcción, es el segundo mayor consumidor de resinas plásticas, con un 22% del total, la fabricación tuberías, accesorios para tuberías, perfiles, y recubrimientos de cables, son principalmente hechas de resinas de polivinilos clorados, la fabricación nacional de resinas de PVC, tipo suspensión y tipo emulsión, La fabricación nacional de resinas de PVC es capaz de soportar la demanda nacional, la cual muestra un crecimiento de hasta un 3% anual, gracias al crecimiento de la industria constructora actual del país (Cárdenas et al. 2018)

En general, la cantidad de toneladas de productos plásticos que se importan y que se exportan del país no tienen un comportamiento constante, esto se debe, a la variación de los precios de las resinas, los cuales se ven afectados por los cambios del barril de crudo o petróleo.

Se debe de aclarar que tanto sólo el 2% del total de barriles de petróleo consumidos en países europeos, es para la fabricación de empaques plásticos, mientras que en Estados Unidos es de aproximadamente un 0,05% de barriles de petróleo anual. Los sectores que tienen un consumo más elevados de petróleo son la calefacción, el transporte, la industria química y la generación de energía. (Hernández 2018)

La figura 4 ilustra el comportamiento del precio del PP en relación con el costo del barril de crudo, como se aprecia en la figura, en aproximadamente 8 años (desde julio del 2008 hasta enero del 2016), el barril de crudo ha disminuido y aumentado su precio impredeciblemente, esto también se refleja en los costos de las resinas de polipropileno y en las demás resinas poliméricas. (Hernández 2018)

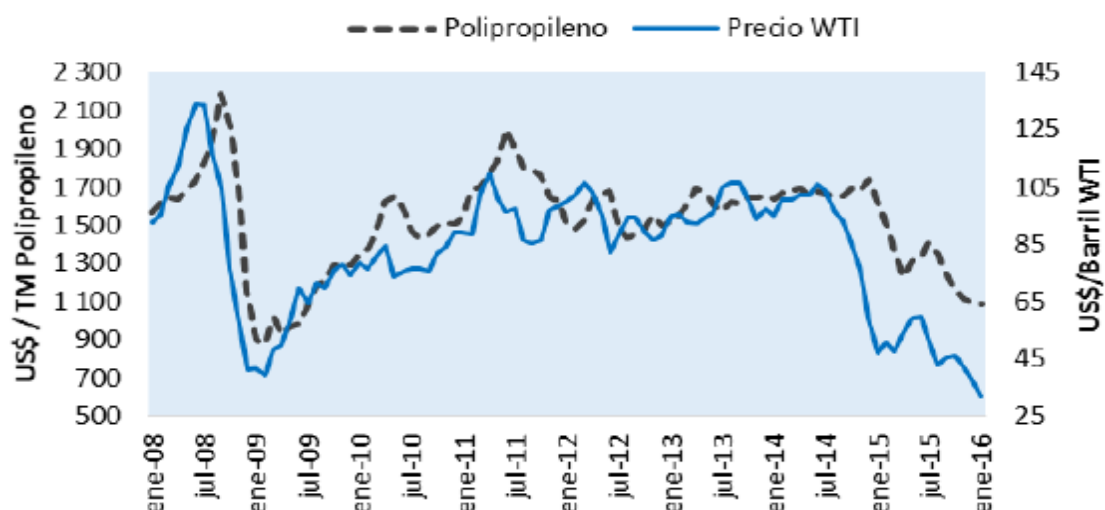


Figura 4. Precio del petróleo WTI vs precio del polipropileno 2008-2016
(Hernández 2018)

Para poder concebir la totalidad de toneladas de material plásticos que posiblemente se desechan e ingresan a los rellenos sanitarios o basureros del país, se deberá sumar las toneladas de resinas importadas, las resinas fabricadas y las toneladas de productos plásticos que se importan, luego se restará las toneladas de material reciclado y virgen que se exportan, junto con las toneladas de productos plásticos o artículos que se exportan.

$$\text{Toneladas de Plásticos Consumo Interno} = \text{RF} + \text{RI} + \text{IDP} + \text{PPI} - \text{EDP} - \text{PPE} - \text{RE}$$

Donde:

RF: Resinas Fabricadas (TON)
 RI: Resinas Importadas (TON)
 IDP: Importaciones de Desechos Plásticos (TON)
 PPI: Productos Plásticos Importados (TON)
 EDP: Exportación de Desechos Plásticos (TON)
 PPE: Productos Plásticos Exportados (TON)
 Resinas Exportadas (TON)

En la tabla 6, se pondera todos los datos y la información obtenida de la cantidad de toneladas de las resinas plásticas que se comercializan en el país, con esta información podremos determinar la cantidad aproximada de toneladas que permanecen en Colombia un periodo de tiempo de un año, se debe de aclarar que estos datos son entre los años 2015 y 2016, la industria plástica tiene un crecimiento anual aproximadamente de un 3%. (Martignon et al. 2017)

DESCRIPCIÓN	TONELADAS
Resinas Fabricadas en Colombia (2016)	1.333.000,00
Resinas Importadas a Colombia (2016)	754.216,00
Importaciones de Desechos plásticos (2015)	11.455,50
Productos Plásticos Importados (2016)	275.585,00
Total, Resinas Ingresan	2.374.256,50
Exportaciones de Desechos plásticos (2015)	5.361,30
Productos Plásticos Exportados (2016)	125.693,00
Resinas Exportadas	666.647,00
Toneladas de plástico consumo interno	1.576.555,20

Tabla 6, Toneladas de plásticos de consumo interno en el país, (Elaboración propia).

En el país solamente el 7% de los productos plásticos se reciclan, posiblemente el 93% restante han de parar a los rellenos sanitarios, los cuales equivalen a 1,4 millones de toneladas al año de los 1,57 millones de toneladas de material plástico que se comercializan internamente en el país. Si se divide esta cifra por 50 millones de habitantes que tiene Colombia aproximadamente, la producción de desechos plásticos de un colombiano al año será de 28 kilogramos aproximadamente. (Cárdenas et al. 2018)

2.6. PRINCIPALES MATERIALES RECICLADOS EN EL PAÍS.

Hay muchos motivos para incentivar el uso de plásticos recuperados a las empresas y a la industria plástica, entre las principales razones se encuentran los bajos costos de la materia prima reciclada respecto a materias primas vírgenes y algunos beneficios tributarios.

Las empresas que tengan una práctica industrial que fomenten la sostenibilidad; tendrán beneficios tributarios en la deducción de hasta un 20% en la renta líquida anual ("Ley 778 de 2002" 2002) y la exclusión del impuesto sobre las ventas (IVA) en equipos y elementos nacionales o importados que sean destinados permitir el control y el monitoreo ambiental. ("Ley 223 de 1995" 1995)

Los materiales que se reciclan con mayor interés en la industria actualmente son los polímeros de Tereftalato de polietileno (PET), polímeros de polipropileno (PP), Polietilenos de lineales, polietilenos de altas o bajas densidades (LDPE y HDPE), poliestirenos (PS) y polivinilos clorados (PVC), La tabla 7, ilustra las aplicaciones comunes para los polímeros más solicitados en la industria plástica, para su reutilización en procesos productivos.








Símbolo	Polímero	APLICACIONES MÁS COMUNES
	Tereftalato de Polietileno PET	Botellas para bebidas carbonatadas, fibras
	Polietileno de Alta Densidad PEAD - HDPE	Bolsas, películas sopladas y planas, productos inyectados
	Policloruro de Vinilo - PVC	Tuberías, perfiles, películas planas, recubrimientos para cables
	Polietileno de Baja Densidad PEBD - LDPE	Empaquetado de alimentos, fibras, películas planas y sopladas, moldeo por inyección
	Polipropileno - PP	Películas planas, zuncho, fibras textiles, cordeles, moldeo por inyección, cartón plástico
	Poliestireno - PS	Empaques y productos desechables, PS expandido para aislamiento
	Otros, como Policarbonatos (PC), Poliamidas (PA), Polimetilmetacrilato (PMMA)	Automotriz, fibras textiles, películas planas, moldeo por inyección

Tabla 7, Aplicaciones más comunes para los principales polímeros reciclados.
(Mantia 2002)

Existen varios métodos que se implementan para reciclar plásticos, el primero envuelve la reutilización de materiales con problemas de calidad en las empresas manufactureras, las cuales muelen o trituran estos materiales para ser reutilizados en sus plantas de producción; estos materiales son conocidos como materias primas postindustriales, las cuales no requieren un lavado posterior, puesto que nunca han sido expuestas a contaminantes, tales como cartón, papel, metales, otros materiales plásticos y materiales orgánicos. La estructura de los polímeros y la forma en la que son usados los plásticos en la industria moderna, para la manufactura de artículos establecen que tipo o método de reciclaje podrá ser usado (Mantia 2002)

El segundo método, incluye una separación de los materiales plásticos, esta separación se debe de realizar para evitar contaminar la materia prima en el proceso

de molienda o trituración, moler el material facilita su transporte y finalmente se procederá con la limpieza y lavado del material particulado.

El tercer método, el cual es el proceso más costoso, debido a su complejidad, consiste en reciclar químicamente el material plástico, tratándolo con químicos para producir monómeros, otros químicos (como pinturas y resinas) y combustibles.

El cuarto y último método, consiste en la generación de energía al incinerar o quemar los desechos de productos plásticos.(Mantia 2002)

2.7. TIPOS DE RECICLAJE PARA MATERIALES PLÁSTICOS.

2.7.1. RECICLAJE QUÍMICO

El reciclaje químico consiste en la separación de las moléculas presentes en los polímeros, permitiendo convertirlos en monómeros y de esta forma dar lugar a nuevas materias primas; los siguientes procesos son los métodos de reciclaje químicos más conocidos: (Hernández 2018)

- **Pirolisis:** Proceso que permite obtener hasta un 85% de hidrocarburos líquidos, como el etileno y polipropileno, al aplicar a los materiales poliméricos un flujo de calor en vacío.
- **Gasificación:** Permite obtener y extraer gases de síntesis, mediante la aplicación de calor y oxígeno, se puede obtener metanol y energía.
- **Metanólisis:** Proceso que consiste en la utilización de metanol para el Reciclaje del PET y cualquier material termoplástico.
- **Quimiólisis:** se aplican entre otros procesos de hidrólisis para reciclar y obtener nuevos plásticos, permite recuperación de los monómeros de partida, es muy útil para las resinas de poliésteres, poliuretanos, poliacetales y poliamidas
- **Hidrogenación:** Es un proceso en el cual se emplea hidrógeno y calor, del cual se puede obtener petróleo sintético.

Todas estas opciones o procesos permiten una mayor recuperación de materia prima que los procesos de reciclado mecánico, pero requiere de una gran cantidad de capital para invertir y para poder considerar un proyecto económicamente viable, se deberán de procesar grandes cantidades de material, más de 22.000 toneladas de material reciclado al año para generar ingresos suficientes para costear los equipos, instalaciones, materia prima y la mano de obra.(Hernández 2018)

2.7.2. RECICLAJE ENERGÉTICO.

El reciclaje energético es muy implementado cuando la separación de los materiales plásticos en los rellenos sanitarios o en los acopios de basuras se vuelven costoso o muy complejos, en este proceso se incinera los plásticos para generar energía o como combustibles para sistemas de calentamiento y también se puede adicionar a otros procesos de combustión, por ejemplo, se usa a menudo en plantas alimentadas con carbón, permitiendo reducir los costos de operación.(Hernández 2018)

El reciclaje químico y el reciclaje energético es viable económicamente para plásticos de postconsumo o postindustriales mezclados o contaminados, cuyo costo de separación no hace viable el reciclaje mecánico. En la medida en que la disponibilidad del petróleo disminuya y su costo aumente, el reciclaje químico y energético tendrán un enorme atractivo.(Hernández 2018)

2.7.3. RECICLAJE MECANICO DE PLÁSTICOS.

El proceso de reciclado mecánico es el más desarrollado en el reciclaje de plásticos y también el más utilizado, principalmente por los bajos costos de operación y la facilidad de procesar los materiales plásticos; el reciclaje mecánico permite la reducción de materiales en geometrías con menores volúmenes, este proceso permite transformar materiales postconsumo o postindustriales en materias primas secundarias reutilizables. (Newell 2011)

Cuando se reprocesa un material plástico para la fabricación de nuevos productos, se debe de considerar una pérdida de propiedades, esto se debe a una degradación físico-química que sufre los polímeros luego de ser fundidos varias veces, la cadencia de las propiedades mecánicas de los plásticos reciclados se pueden mejorar al implementar aditivos, pero encarece los costos del procesamiento y por tanto se encarece el producto final; por esta razón, no se aconseja recuperar o reciclar un material plástico más de 4 o 5 veces sin implementar aditivos y cargas. (Alvarez 2010)

Los nuevos productos o artículos que se fabrican con materias primas reciclables deben requerir menores exigencias mecánicas o usar aditivos para materiales plásticos que mejoren algunas propiedades, por ejemplo, para algunos partes automotrices, se utilizan aditivos que mejoran la resistencia al impacto y el esfuerzo a tensión. El objetivo es devolver estos materiales reciclados a la industria como suplentes de las resinas vírgenes. (Galvis 2014), El reciclaje mecánico consta de varios procesos:

Recolección y separación en la fuente: es el primer proceso del reciclaje mecánico, esto permite disminuir los agentes contaminantes, además de una disminución en los tiempos y en los costos de separación y lavado; en este proceso

de recolección, el componente más desfavorable son los grandes volúmenes que ocupan los productos reciclados, por ejemplo, un kilogramo de botellas PET puede ocupar un gran volumen de espacio, por esta razón, se recomienda compactar los materiales con prensas hidráulicas tipo compactadoras. (Hernández 2018)

Reducción del tamaño: El segundo proceso es la reducción del tamaño o partícula, se genera por medio de trituradores o molinos, hay dos formas de molienda, la primera y la más común es el principio de molido por corte, en la cual unas cuchillas o guillotinas cortan el material continuamente hasta el tamaño de partícula deseado, estos tamaños de partícula se regulan con unas platinas roladas las cuales tienen unas perforaciones a lo largo del área superficial, entre menor diámetro tengan las perforaciones, menor será la densidad aparente del material recuperado, estas platinas o piezas metálicas se conocen como tamices o fondos de malla.

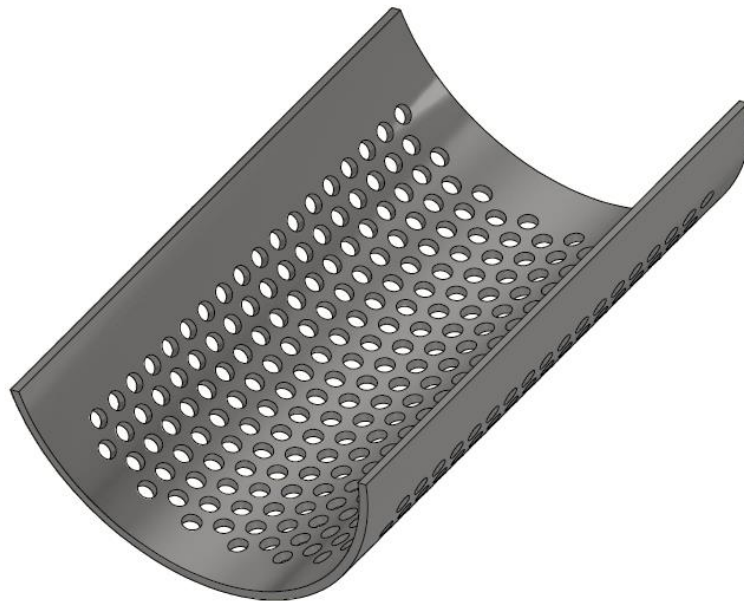


Figura 5. Tamiz para homogenizar el tamaño de partícula en molinos de plástico.
(Elaboración propia)

Hay varios tipos de molinos o trituradores por corte, pero los más comunes son los molinos de cuchillas tipo guillotina y de discos con dientes de desgarrar, los molinos de cuchillas o guillotinas son más usados en materiales plásticos con bajas temperaturas de plastificación, esto se debe a que los molinos desgarradores generan mucha fricción, debido a esta fricción se genera un aumento de temperatura, en algunos materiales como el EVA (Etileno acetato de vinilos) o algunos polietilenos de baja densidad es muy común que un porcentaje del material se adhiera a las paredes de las cureñas los molinos. (Hernández 2018)

La figura 6, ilustra los mecánicos y las cuchillas en forma de garras de los molinos tipo desgarradores.

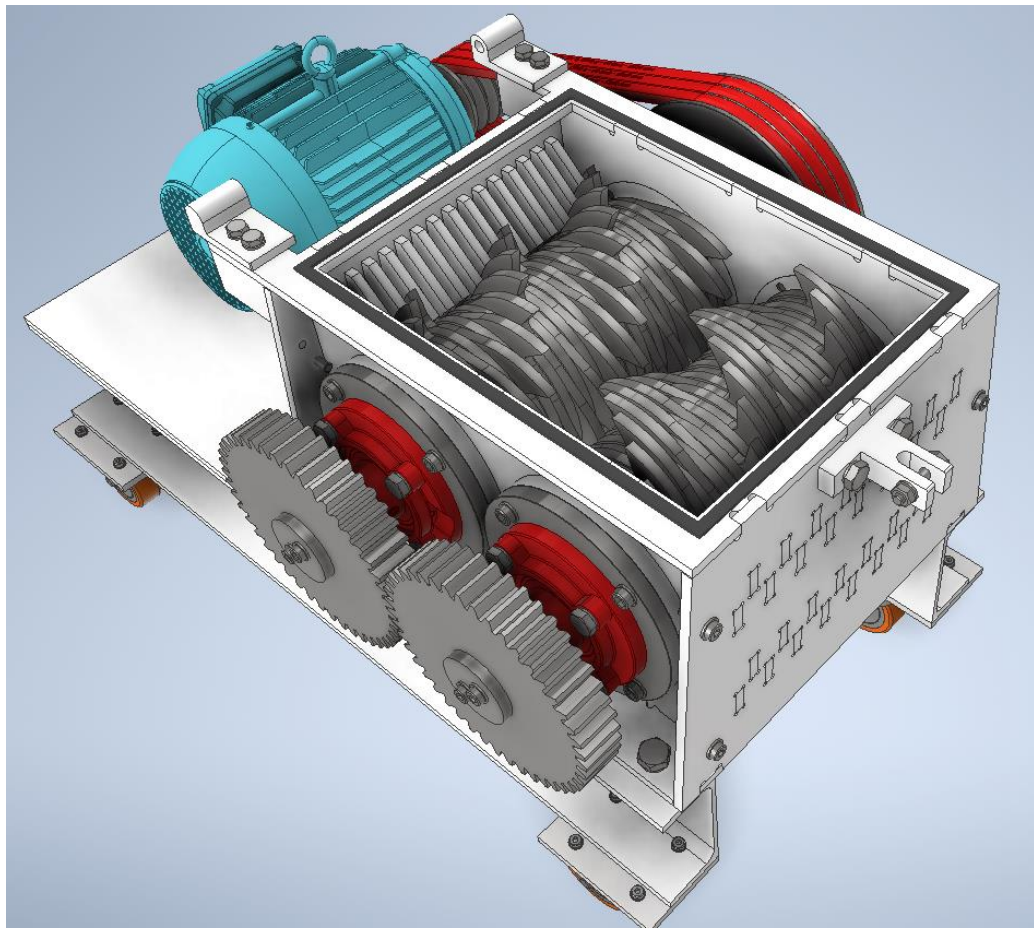


Figura 6. Molino tipo desgarrador para plásticos. (Elaboración propia)

En la figura 7, se pueden observar los principales componentes mecánicos de los molinos de corte, la imagen en la parte superior hace referencia a un molino tipo desgarrador y la imagen en la parte inferior hace referencia a un molino de cuchillas tipo guillotina. Ambos molinos cuentan con una abertura de alimentación y unas cuchillas que oscilan o giran para trozar el material plástico, se diferencian en que los molinos de guillotinas tienen unas cuchillas fijas y otras móviles, mientras que los molinos de cuchillas tipos garras, tienen un juego de cuchillas montadas sobre unos ejes, los cuales al momento de girar cortan el material plástico. (Mantia 2002)

Ambos molinos trabajan eficientemente para materiales termoplásticos, los molinos de cuchillas tienden a ser más económicos que los molinos desgarradores, debido a que cuentan con una menor cantidad de cuchillas, el ensamble y la calibración de estas cuchillas es mucho más sencillo y se efectúa en un menor tiempo. Para cambiar las cuchillas tipo garras de los molinos desgarradores, se debe de desensamblar y extraer las cureñas, poleas, piñones y los ejes, esto toma un tiempo más extenso y por este motivo, los molinos de garras son menos implementados en la industria plástica que los molinos de cuchillas.

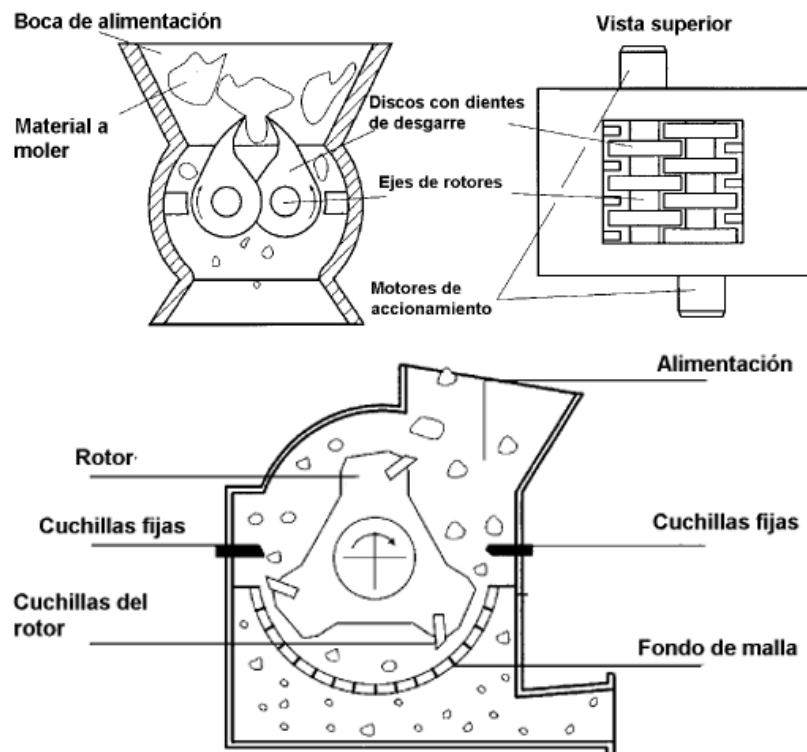


Figura 7. Principales componentes de un molino tipo desgarrador y un molino con cuchillas tipo guillotinas. (Hernández 2018)

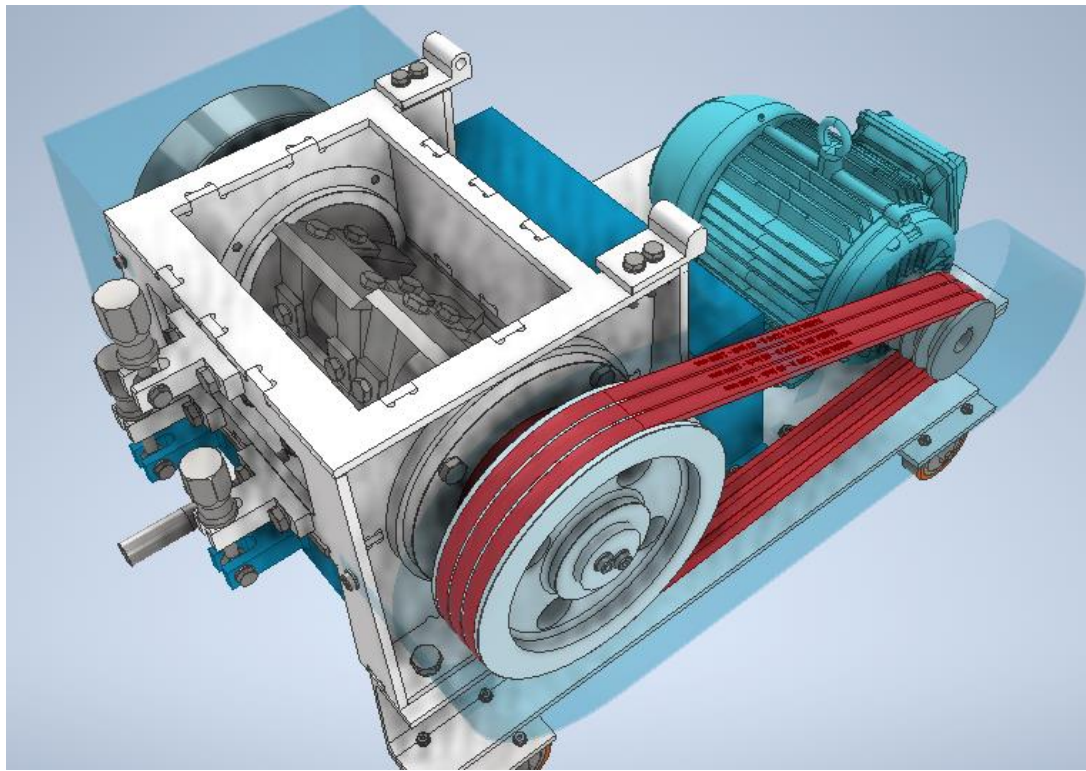


Figura 8, Render de un molino de cuchillas tipo guillotina. (Elaboración propia)

En los anexos se encuentran los planos de detalle y de ensamble para la fabricación y montaje del molino de la figura 8, este es un diseño básico y eficiente para molinos de plástico tipo guillotina.

Lavado del material particulado: El tercer proceso en el reciclaje mecánico es el lavado, este proceso no es necesario para materiales postindustriales, pero es indispensable para materiales postconsumo, debido a que pueden tener contaminantes que afecten los procesos de transformación (extrusión, inyección, termoformado, entre otros).

El proceso de lavado cuenta con varias etapas, la primera etapa se conoce como etapa de remojo, este paso permite ablandar los contaminantes o suciedades que se hayan adherido en el producto plástico, se debe de dar un tiempo de remojo, el cual dependerá de la cantidad y del tipo de contaminante; luego sigue la etapa de lavado, en esta etapa se utilizan unas lavadoras que permitan retirar los contaminantes del plástico al agitar y centrifugar el agua para crear una fricción entre las hojuelas o granos del material y de esta forma desprender tierras, aceites, o restos de alimentos que estén presentes en el material particulado (Hernández 2018). No se aconseja utilizar detergentes o jabones en esta etapa, debido a la gran cantidad de agua que se desperdicia en el lavado, esto se debe a que el material puede quedar impregnado con jabones y posteriormente se deberá de dar un segundo enjuague. (Galvis 2014)

Secado: El cuarto proceso en el reciclaje mecánico es el secado, después del ciclo de lavado el material sale húmedo y es necesario secarlo, primero se seca al aire libre y posteriormente en una máquina de secado industrial, hay varios tipos de máquinas secadoras, secadoras mecánicas centrifugas, máquinas de secado por fricción y máquinas de secado térmico. (Galvis 2014)

Las máquinas de secado térmico roban la humedad del material con flujos de aire calientes a través de una recámara, las máquinas de secado por fricción agitan y golpean el material triturado para aumentar su temperatura por la fricción que se genera entre las hojuelas dentro de la máquina; y por último, que las máquinas secadoras centrifugas secan las hojuelas mediante la fuerza centrífuga, la cual genera una gran energía de impacto y el agua residual se filtra a través de un barril ranurado, Posteriormente, el material se empaca en sacos o en Big bags para su comercialización. (Hernández 2018)

Para generar un valor agregado, algunas empresas elaboran un proceso de peletización al material, esto permite productos más homogéneos y con mejores propiedades en el proceso de transformación.

En la figura 9 se puede apreciar un diseño para secadoras de plástico; dentro del cilindro se vierte el material húmedo, al interior de este cilindro hay una platina, la cual al girar golpea el material triturado permitiendo generar un aumento de la

temperatura debido a la fricción que se crea entre las hojuelas o granos de material recuperado. En los anexos se encuentran los planos de detalle y de ensamble para la fabricación de esta secadora.

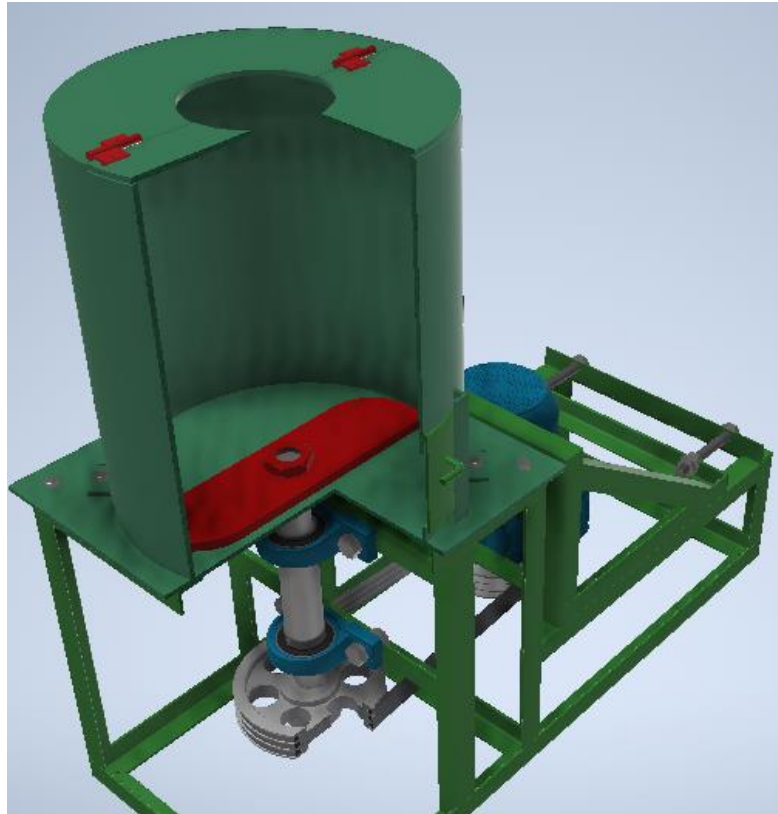


Figura 9. Render de secadora de plásticos. (Elaboración Propia).

Para este secador se obtuvo que, para 25 kilogramos de PVC, HDPE y de PP triturado, se requieren aproximadamente de 10 a 15 minutos de uso dentro de la secadora a una velocidad rotacional de 300 RPM, esto permite alcanzar temperaturas alrededor de 50 a 60 grados centígrados, estos resultados se obtuvieron experimentalmente.

Para obtener las temperaturas luego del proceso de secado, se implementó un termómetro infrarrojo marca Uni-T de referencia UT305C, este termómetro permite obtener temperaturas desde -50°C hasta 1550°C con una tolerancia de $1,8^{\circ}\text{C}$, para obtener un dato válido de la temperatura se debe hacer la corrección de la emisividad para materiales plásticos; para PE, PP y PVC el valor es de 0,94; la tabla 8 ilustra la emisividad térmica para algunos materiales y en la figura 10 se puede observar la toma de temperaturas para 25 kilogramos de PP recuperado, este material se vierte dentro de la secadora, luego de un periodo de tiempo de 10 minutos las temperaturas promedio alcanzadas por el material fueron de 50°C . (Testo, 2020)

Material (temperatura del material)	Emisividad
Goma dura (23 °C)	0,94
Granito (20 °C)	0,45
Hielo liso (0 °C)	0,97
Hierro con costra de fundición (100 °C)	0,8
Hierro con costra de laminación (20 °C)	0,77
Hierro de fundición oxidado (200 °C)	0,64
Hierro, esmerilado (20 °C)	0,24
Hormigón (25 °C)	0,93
Ladrillo, mortero, revoque (20 °C)	0,93
Latón oxidado (200 °C)	0,61
Madera (70 °C)	0,94
Mampostería (40 °C)	0,93
Mármol blanco (40 °C)	0,95
Papel (20 °C)	0,97
Piedra arenisca o gres (40 °C)	0,67
Pintura azul sobre lámina de aluminio (40 °C)	0,78
Pintura blanca (90 °C)	0,95
Pintura de transformadores (70 °C)	0,94
Pintura negra mate (80 °C)	0,97
Pintura, amarilla, 2 capas sobre lámina de aluminio (40 °C)	0,79
Pinturas al óleo (cualquier color) (90 °C)	0,92–0,96
Plásticos: PE, PP, PVC (20 °C)	0,94
Plomo (40 °C)	0,43

Tabla 8. Emisividad térmica para diversos materiales. (Testo, 2020)



Figura 10. Medición de temperaturas para PP recuperado, luego del proceso de secado. (Elaboración Propia)

CAPÍTULO 3: Marco conceptual.

3. PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN

Existen una gran variedad de procesos de transformación de plásticos, pero los más implementados industrialmente son los procesos de extrusión, roto moldeo, soplado y los procesos de inyección; de los procesos de inyección se derivan una gran variedad de subprocesos, como lo es inyección soplado, moldeo por compresión, entre otros. Este proyecto se enfocará en los procesos de extrusión de materias primas plásticas, priorizándose en los materiales más implementados y con mayor demanda en la industria plástica actual, como lo son el PVC, el PP y los polietilenos de baja y alta densidad (HDPE y LDPE). Por esta razón, se implementará un proceso de extrusión que permita la utilización de estas resinas.

3.1. PROCESOS DE EXTRUSIÓN.

Los procesos de extrusión consisten en fundir un material polimérico impulsando la masa fundida a través de un cabezal, la cual se transforma en un contorno o en una geometría constante; este proceso es continuo en el cual se busca un estado estable, garantizar una estabilidad en el proceso permite mantener las propiedades y dimensiones de los productos lo más homogéneos posibles. (Osswald y Giménez 2008)

Lograr un estado estable en procesos de extrusión puede tardar mucho tiempo, debido a la baja conductividad térmica que tienen los materiales poliméricos, esto implica que cambios súbitos en las temperaturas del ambiente, pueden afectar la estabilidad de las máquinas de extrusión. Si la estabilidad no se logra, el producto final tendrá afectaciones, menores propiedades mecánicas o problemas con sus dimensiones finales; los productos comúnmente fabricados por los procesos de extrusión son aquellos que tengan un área transversal constante, como tubos circulares, tubos cuadrados o rectangulares, láminas y películas planas, filamentos, perfilera, mangueras, entre otros. (Osswald y Giménez, 2008)

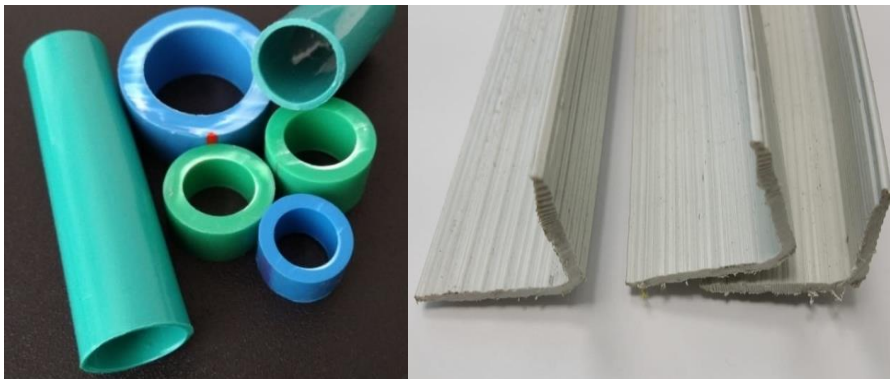


Figura 11. Perfiles y tuberías extruidas en materiales plásticos. (Elaboración Propia)

Actualmente en la industria se pueden encontrar dos tipos de extrusoras, extrusoras de doble husillo y extrusoras de un solo husillo, estas últimas se conocen como extrusoras monohusillos, son las más implementadas industrialmente debido a la facilidad de montaje y a los bajos costos de fabricación respecto a extrusoras de dos husillos.

3.2. EXTRUSORAS DE PLASTIFICACIÓN.

La extrusora monohusillo es la unidad más común en los procesos de transformación del plástico, una línea de extrusión se divide en dos partes o componentes, la unidad de extrusión o plastificación y la unidad de post-extrusión.

La unidad de post-extrusión la componen una unidad de calibración y una unidad de enfriamiento. La unidad de calibración es la encargada de calibrar o garantizar las dimensiones finales del producto y la unidad de enfriamiento permite enfriar o remover el calor generado en la unidad de plastificación para fundir los pellets.

Diversas velocidades de enfriamiento conllevan a diferentes propiedades en los productos, estas propiedades pueden variar según la cristalización del material; por ejemplo, menores velocidades de enfriamiento permiten mejores propiedades mecánicas (resistencia a la tensión) y menor resistencia al impacto; donde la resistencia a la tensión se aumenta gracias a la fracción cristalina y la resistencia al impacto se aumenta o se favorece por la fracción amorfa. (Osswald y Giménez 2008)

La unidad de plastificación cumple varias funciones, la primera función es de transportar los pellets, hojuelas o granos de material plástico desde la tolva hasta el cabezal, la segunda función consiste en fundir o plastificar el material y la última función es de permite mezclar y homogenizar la masa fundida, debe generar la presión necesaria en el polímero para impulsarla a través de la boquilla o cabezal. (Osswald y Giménez 2008)

3.3. COMPONENTES DE LA UNIDAD DE PLASTIFICACIÓN.

Cualquier unidad de plastificación se compone de las siguientes partes, tolva de alimentación, sistemas de calefacción, camisa o cilindro, husillo o tornillo, motor, sistema de transmisión, cambia filtros o sistemas porta-filtros (indispensable cuando se implementan materiales reciclados), camisa de enfriamiento (en la zona de alimentación) y el cabezal. Los elementos más importantes de una extrusora son la camisa y el husillo, debido a que estos componentes son los encargados de plastificar los granos de material, la extrusora se compone de tres zonas, zona de alimentación, zona de plastificación o compresión y zona de dosificación.

La zona de alimentación es la encargada de transportar el material sólido, la altura del filete o del diente es constante, la zona de plastificación es la encargada de plastificar (cambiar de estado) el material, la altura del filete es variable y, por último,

la zona de dosificación es la encargada de homogenizar y transportar la masa fundida comprimiéndola en el cabezal, la altura del filete es constante y menor a la altura del filete de la zona de alimentación. (Tadmor y Gogos 2006). La figura 12 y 13, detallan los componentes principales y las zonas antes descritas de una extrusora convencional.

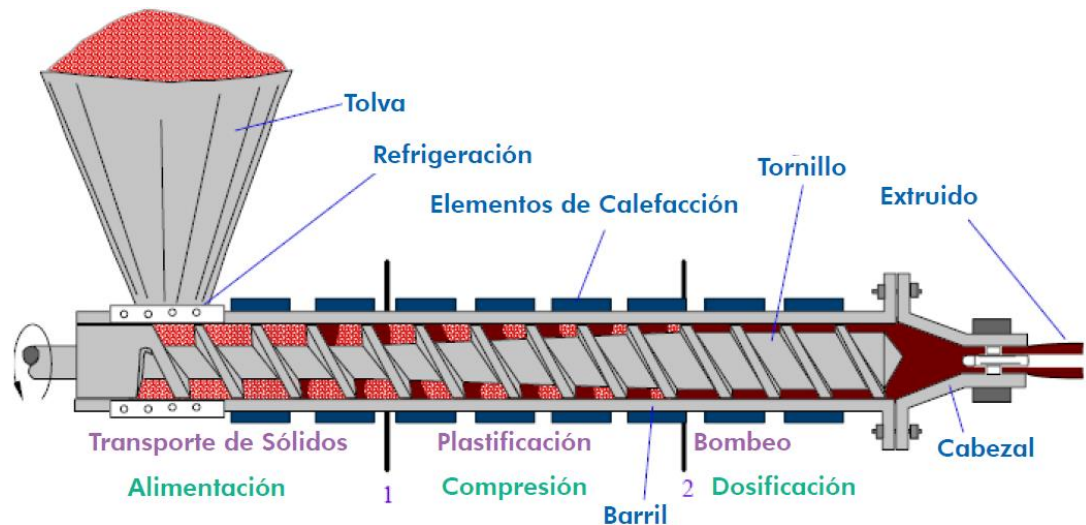


Figura 12. Esquema de una extrusora monohusillo de plastificación. (Beltrán y Marcilla 2012)

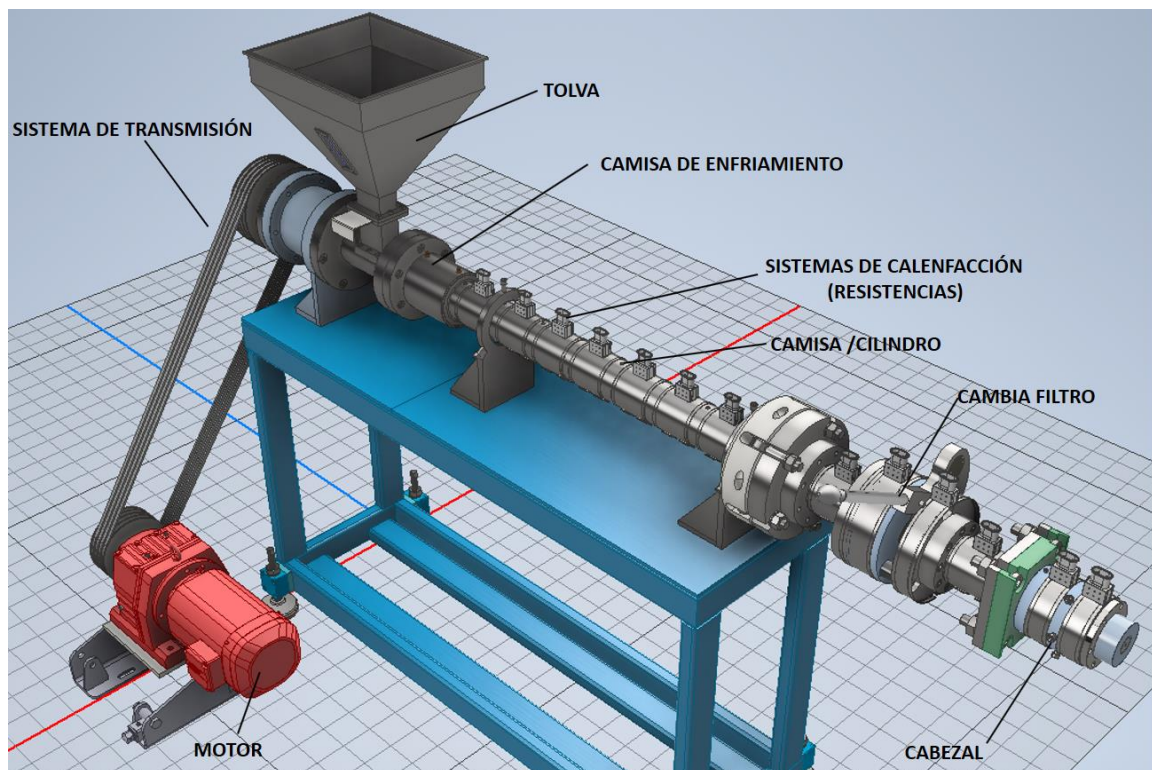


Figura 13. Principales componentes de una línea de extrusión. (Elaboración Propia).

3.3.1. HUSILLO O TORNILLO DE PLASTIFICACION.

El tornillo o husillo es el componente de las extrusoras de plastificación con mayores desarrollos y tecnologías, antes de comenzar cualquier diseño o fabricación de una extrusora se deberán de especificar y validar que materiales se van a procesar para poder hacer el mejor diseño posible para los materiales a extruir.

El tornillo es la pieza responsable del éxito de una operación de extrusión, esto se debe a que influye directamente en el desempeño productivo de la máquina, si se tienen husillos de mayor longitud se aumenta la capacidad de producción y la capacidad de plastificación de la extrusora. (Bornacelli, Gutierrez, y Otero 2008)

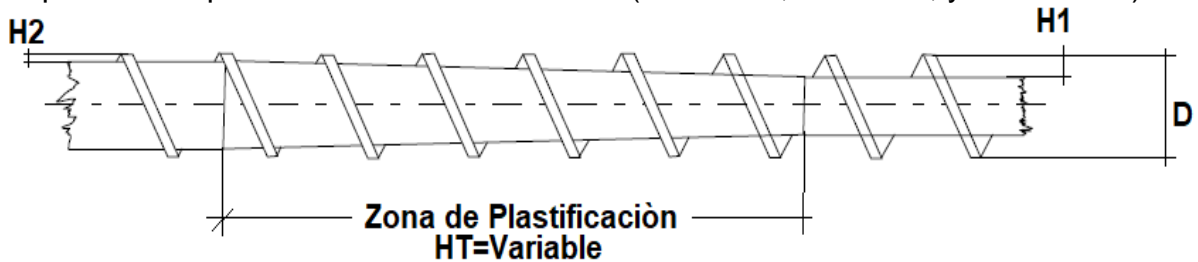


Figura 14. Esquema de un husillo convencional seccionado. (Elaboración Propia)

Un husillo convencional debe diseñarse siguiendo unos parámetros, el diseño del tornillo no sólo depende del material a procesar, también se debe tener en cuenta el producto final a elaborar y las especificaciones técnicas y mecánicas de dicho producto.

El primer parámetro dimensional que se debe de establecer para un husillo de extrusión es la **altura de los filetes** de cada una de las zonas, las cuales deberán de tener ciertas dimensiones necesarias para cumplir el proceso, una altura H_A para el transporte de sólidos en la zona de alimentación, una altura variable a lo largo de la zona de plastificación H_T y para el transporte de fundidos, una altura de filete H_D para la zona de dosificación. (Bornacelli, Gutierrez, y Otero 2008)

$$H_D < H_T < H_A, \quad \text{Donde:}$$

Altura filete en Zona de Alimentación = H_1 = Constante

Altura filete en Zona de Plastificación o transición = H_T = Variable

Altura filete en Zona de Dosificación = H_2 = Constante

La altura del filete o del diente máxima en la zona de alimentación no debe ser mayor a un 20% del diámetro del husillo, esta regla es conocida como “la regla del dedo”, si se necesita una altura del diente mayor para aumentar el flujo de sólidos en la extrusora, se deberán de hacer los cálculos de torque y de esfuerzos en los filetes del husillo. (Bornacelli, Gutierrez, y Otero 2008)

Altura filete en zona de alimentacion = $H_1 < 0,2D$
 D = Diametro exterior del husillo.

La figura 15, representa algunas de las principales dimensiones y parámetros geométricos para husillos de extrusión.

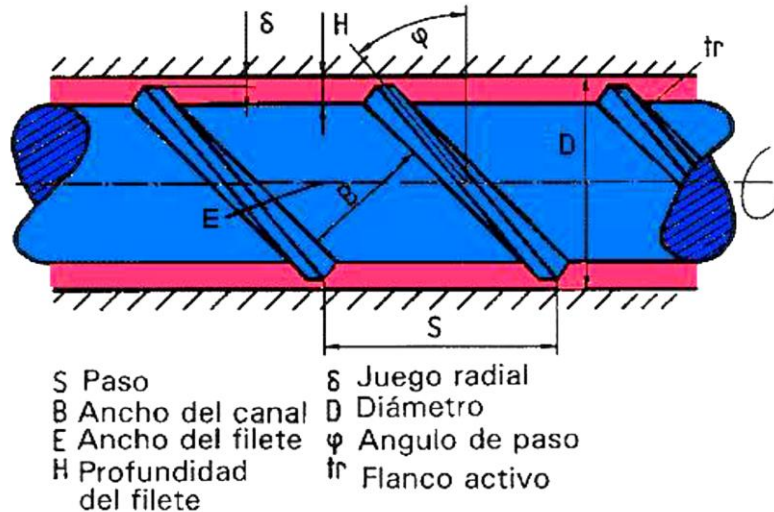


Figura 15. Dimensiones y parámetros de un husillo convencional. (Noriega y Estrada 2017)

El segundo parámetro que se deberá de validar en los husillos es la **relación de compresión**, este valor es la diferencia entre la altura del filete en la zona de alimentación y la altura del filete en la zona de dosificación; la relación de compresión dependerá del tipo de plástico a procesar, esto se debe a que todos los plásticos tienen índices de fluidez distintos, además de tener temperaturas de plastificación y viscosidades variables. Mientras mayor sea la relación de compresión el intervalo de presión al interior del cilindro aumentará. Esto se debe a la variación en la altura de los filetes a lo largo del tornillo. (Bornacelli, Gutierrez, y Otero 2008)

$$\beta = \frac{W_A H_A}{W_D H_D}, \quad \text{Donde:}$$

β = Relación de compresión.

W_A = Ancho del canal en zona de alimentación

W_D = Ancho del canal en zona de dosificación

Para husillos de paso cuadrado, W_A y W_D son iguales, entonces la relación de compresión será igual a:

$$\beta = \frac{H_A}{H_D}$$

El resultado de este cociente es siempre mayor a dos y menor a 4, la siguiente tabla ilustra algunos ejemplos para relaciones de compresión en diversas resinas y algunas temperaturas de procesamiento. (Giles, Wagner, y Mount 2014)

Material	Screw Compression Ratio	Feed Zone, °F (°C)	Transition Zone, °F (°C)	Metering Zone, °F (°C)	Die Zone, °F (°C)
ABS	2.75:1	400° (204°)	425° (219°)	440° (227°)	460° (238°)
Nylon 6	3.9:1	420° (216°)	460° (238°)	480° (249°)	500° (260°)
Nylon 6,6	3.6:1	530° (277°)	535° (280°)	545° (285°)	540° (282°)
LDPE	3.5:1	340° (171°)	355° (180°)	365° (185°)	375° (191°)
LLDPE		300° (149°)	325° (163°)	364° (185°)	410° (210°)
HDPE	3:1	340° (171°)	380° (193°)	400° (204°)	400° (204°)
PP	3:1	375° (190°)	410° (210°)	430° (221°)	430° (221°)
Polystyrene	3:1	350° (177°)	400° (204°)	440° (227°)	450° (232°)
HIPS	2.5:1	375° (191°)	420° (216°)	450° (232°)	450° (232°)
PMMA	1.8:1	360° (182°)	400° (204°)	430° (221°)	445° (230°)
Flexible PVC	2.5:1	265° (130°)	340° (171°)	355° (181°)	365° (181°)
Rigid PVC	2.5:1	300° (149°)	320° (160°)	340° (171°)	365° (181°)
PC	2.25:1	510° (266°)	530° (277°)	550° (288°)	560° (293°)
Noryl®	2.1:1	450° (232°)	480° (249°)	510° (266°)	510° (266°)
Ultem®	2.1:1	600° (316°)	640° (338°)	675° (357°)	675° (357°)
PET	3:1	520° (270°)	550° (290°)	510° (265°)	510° (265°)
PBT	2.5:1	470° (243°)	490° (254°)	500° (260°)	500° (260°)
Polysulfone	2.5:1	550° (288°)	600° (316°)	650° (343°)	650° (343°)
Acetal	3.6:1	400° (204°)	390° (199°)	400° (204°)	410° (210°)
Thermoplastic Polyurethane	3:1	330° (166°)	360° (182°)	380° (193°)	380° (193°)

Tabla 9. Relación de compresión y temperatura de procesamiento para varias resinas.(Giles, Wagner, y Mount 2014)

El tercer parámetro esencial a la hora de diseñar tornillos es la **longitud del husillo**, la producción y el desempeño de la extrusora dependerá de esta longitud, pero al aumentar la longitud de los husillos el costo de fabricación también aumentará; si se aumenta la longitud del husillo, la homogenización de la mezcla (si se usan

masterbatch o aditivos) y de la masa fundida mejoraran, esto permitirá un proceso más estable. (Noriega y Estrada 2017).

La longitud total de un husillo es una medida adimensional, es la relación entre la longitud total del husillo y el diámetro exterior de este:

$$\frac{L}{D} = \frac{\text{Longitud del husillo (mm)}}{\text{Diámetro exterior del husillo (mm)}}$$

Donde L/D es la relación entre la longitud del husillo y su diámetro, dependiendo del proceso y del polímero a procesar, esta relación puede variar entre 20 y 35 veces o más el diámetro del husillo. (Giles, Wagner, y Mount 2014)

El cuarto parámetro es el **ancho del canal**, esta medida se simboliza con una letra “B” o “W”, en este canal es donde se transporta el material sólido y fundido, se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Ancho del canal del husillo} = W = S \cdot \cos \varphi - e, \quad \text{donde:}$$

e = espesor del filete del husillo

S = Paso del husillo

φ = Ángulo de paso del husillo

El **paso del tornillo** es la distancia entre centros de filetes o dientes contiguos, se nombra con la letra “S” y la medida del espesor del filete “e” dependerá del paso, normalmente el espesor del filete es aproximadamente 10 veces menor al paso del husillo, y el ángulo de paso, el cual se nombra “ φ ” corresponde al ángulo de la hélice del tornillo, es decir, es el ángulo entre el eje coordenado perpendicular a línea central del husillo y una línea tangencial a el centro de algun filete del tornillo, ver figura 15, (Noriega y Estrada 2017)

$$\begin{aligned} \text{espesor del filete} = e &= 0,10 * S \\ \varphi = \text{Ángulo de paso del husillo} &= \tan^{-1} \left(\frac{S}{\pi D} \right) \end{aligned}$$

En los tornillos o husillo en los cuales la dimensión del paso es igual a el diámetro externo del husillo, se denominan husillos de paso cuadrado, estos husillos son considerados tornillos universales, esto se debe a que permite plastificar una gran cantidad de resinas plásticas diferentes. (Noriega y Estrada 2017)

Otro parámetro a considerar a la hora de diseñar husillo es el **juego radial** “ δ ”, el cual corresponde a la distancia entre la cresta del filete del tornillo y la superficie interna del cilindro; es decir, es la diferencia entre el diámetro exterior del husillo y el diámetro interior del cilindro dividido por dos, es una de las medidas más

importantes del husillo, esta medida permite evaluar el estado o la vida útil del husillo. (Noriega y Estrada 2017).

Es importante garantizar las tolerancias del diametro exterior del husillo y del barril, este medida se debe garantizar para mantener una excelente productividad en la máquina extrusora; cuando el juego radial se duplica por desgaste del husillo se presenta una reducción en la productividad de la extrusora de aproximadamente un 20%. (Noriega y Estrada 2017).

$$\delta = \frac{(\text{Diámetro exterior del husillo} - \text{Diámetro interior del barril})}{2}$$

L/D	Length to diameter ratio 20 or less for feeding or melt extruders 25 for blow molding, film blowing, and injection molding 30 or higher for vented extruders or high output extruders
D	Standard diameter
US (inches)	0.75, 1.0, 1.5, 2, 2.5, 3.5, 4.5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, and 24
Europe (mm)	20, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 90, 120, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, and 600
Φ	Helix angle 17.65° for a square pitch screw where $L_s = D$ New trend: $0.8 < L_s/D < 1.2$
h	Channel depth in the metering section (0.05–0.07) D for $D < 30$ mm (0.02–0.05) D for $D > 30$ mm
β	Compression ratio: $h_{\text{feed}} = \beta h$ 2 to 4
δ	Clearance between the screw flight and the barrel 0.1 mm for $D < 30$ mm 0.15 mm for $D > 30$ mm
N	Screw speed 1–2 rev/s (60–120 rpm) for large extruders 1–5 rev/s (60–300 rpm) for small extruders
V_b	Barrel velocity (relative to screw speed) = πDN 0.5 m/s for most polymers 0.2 m/s for unplasticized PVC 1.0 m/s for LDPE

Tabla 10. Dimensiones y relaciones típicas para procesos de extrusión. (Osswald y Menges 2012)

La tabla 10 muestra algunas medidas comunes para de diseñar tornillos en procesos de extrusión. Usualmente el juego radial debe cumplir las siguientes desigualdades:

$$0,001D < \delta < 0,0015D$$

Aparte de considerar el ángulo de paso de tornillo, se deben de considerar los ángulos de paso de la raíz del tornillo, el cual es el ángulo medido desde el diámetro interno del tornillo y el eje perpendicular a la línea media del tornillo, se simboliza " φ_s ", además del ángulo de paso medio ($\bar{\varphi}$), este ángulo es la relación entre el paso del tornillo, el diámetro del tornillo y la altura del filete.

$$\text{Ángulo de paso de Raíz} = \varphi_s = \tan^{-1} \left(\frac{S}{\pi \cdot (D - 2 \cdot H)} \right)$$

$$\text{Ángulo de paso de medio} = \bar{\varphi} = \tan^{-1} \left(\frac{S}{\pi \cdot (D - H)} \right)$$

3.3.2. TOLVA DE ALIMENTACIÓN.

La tolva de alimentación es el elemento donde se deposita la materia prima, debe dimensionarse permitiendo un flujo de material uniforme y constante, para diseñar tolvas de alimentación se deberá de conocer la densidad aparente o densidad de empaque del material.

La densidad de empaque es la densidad del polímero sólido incluyendo el aire entre los gránulos, depende de la geometría, distribución y tamaño de estos granos. Generalmente el volumen y las dimensiones de la tolva deben de permitir que el operario pueda alimentar constantemente y con facilidad la extrusora, la figura 16 ilustra un diseño convencional de una tolva para procesos de extrusión. (Noriega y Estrada 2017)

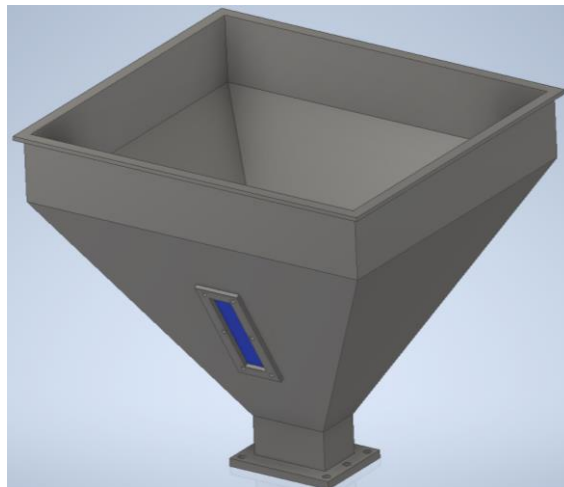


Figura 16. Tolva convencional para extrusoras. (Elaboración Propia)

Hay tres factores que pueden afectar la capacidad de flujo de la zona de alimentación de una unidad de plastificación, los cuales son: la densidad de empaque, el coeficiente de fricción y la geometría del husillo, en este último específicamente la altura del filete. (Osswald y Giménez 2008)

La densidad de empaque del material siempre será inferior a la densidad del sólido, cuando las densidades de empaques tienen valores menores al 50% de la densidad real del material, pueden conllevar a problemas de productividad, debido a que se deberá de mantener una alimentación constante de material en la tolva, se aconseja que la densidad de empaques sea mayor al 60% de la densidad del material sólido; entre menor sea la densidad de empaque es más probable que la extrusora entre en régimen de succión debido al poco arrastre del material a las zonas de plastificación y dosificación, además que pueden presentarse en el material producido orificios y vacíos. (Bornacelli, Gutierrez, y Otero 2008)

Por último, es importante que las partículas o gránulos de material sean lo más uniforme posible, los tamaños homogéneos permiten un flujo constante de material a la zona de alimentación. (Bornacelli, Gutierrez, y Otero 2008)



Figura 17. Hojuelas de PVC recuperados de empaques de cosméticos.
(Elaboración Propia).



Figura 18. Pellets de PP y Masterbatch para procesamiento de rafias. (Elaboración propia).

En la figura 17 se puede observar un granulado tipo hojuelas de un PVC recuperado de empaques de productos cosméticos, la densidad de empaque para este tipo de geometría (hojuelas) es muy variable, por esta razón se recomienda usar materiales recuperados peletizados, aunque tienden a ser más costosos que en hojuelas.

Si se implementa materias primas con geometría tipo hojuelas se deberá mantener una alimentación constante de la tolva y si es necesario, se deberá implementar sistemas vibratorios para evitar atascamientos en las tolvas de alimentación. (Noriega y Estrada 2017)

Un problema común en procesos de extrusión ocurre cuando los pigmentos son de menor tamaño que el material primario, se observa en la figura 18, el pellet de color es un masterbatch de polipropileno (los masterbatch son los pigmentos en los procesos de extrusión) con unos tamaños de partícula menores a los de la materia prima principal (pellets transparentes), este problema ocurre cuando los pellets de masterbatch se decantan y se posicionan en las partes inferiores de la tolva, esto genera problemas en la estabilidad del proceso, además de problemas de tonalidades en los colores del producto final. En la tabla 11 se pueden apreciar densidades de empaques para polietilenos, la densidad de empaques es función de su geometría o forma y el tamaño de las partículas.

Forma del material, PE	Densidad de empaques [g/cm ³]	Flujo másico [g/s]	G, Flujo volumétrico [cm ³ /s]
En escamas	0,3	6,3	21
Gránulo Cúbico	0,44	11,5	26
Gránulo Cilíndrico	0,5	12	24
Gránulo Esférico	0,55	12,6	23

Tabla 11. Densidad de empaque del PE según la forma de las partículas. (Noriega y Estrada 2017)

3.3.3. MOTOR DE ACCIONAMIENTO Y SISTEMAS DE TRANSMISIÓN.

El motor es la unidad motriz de la máquina, es el encargado generar el torque y la energía necesaria de hacer girar el husillo, permitiendo transportar y plastificar la materia prima, la mayoría de los motores de las líneas de extrusión son eléctricos, la tabla 12, ilustra algunas características de producción y de potencia instalada de máquinas de extrusión de varios proveedores a nivel mundial.

Tipo de máquina	Husillo			Producción Kg/h	Potencia, KW	
	Diámetro (mm)	L:D	Velocidad de giro, RPM		Del sistema de Calefacción	Del motor
Empresa: Barmag, País: Alemania						
3E	30	21 : 1	24-120	10	3,5	4,5
4E	45	21 : 1	20-100	25	8,5	9
5E	50	21 : 1	20-100	34	11	13,5
6E	60	21 : 1	18-90	50	15	18
9E	90	21 : 1	16-80	145	30	40
Empresa: Bielloni, País: Italia						
K-30	30	(24-28) : 1	21-80	11	2	2,2
T45	45	(22-28) : 1	23-85	25	4	7,5
T60	60	(22-28) : 1	21-80	41	8	15
K-80	80	(22-26) : 1	17-65	70	15	28
K-100	100	(22-26) : 1	16-60	100	20	45
Empresa: Dolci, País: Italia						
20S	20	20 : 1	20-100	5	0,7	1,2
35S	35	22 : 1	16-18	24	3	3
45T	45	(22-26) : 1	14-114	36	6-8	6
60T	60	(22-26) : 1	11-114	50	9-12	6-7,5
75T	75	(22-28) : 1	10-116	120	10,8-13,8	7,5-10

Tabla 12. Características de las máquinas de extrusión de un husillo. (Savgorodny 1973).

Los motores eléctricos tienen altas velocidades de rotación respecto a las requeridas para los procesos de extrusión; debido a esto, se emplean en la industria cajas reductoras para disminuir estas velocidades, aparte de implementar reductores de velocidad se emplean variadores de velocidad para poder tener un intervalo de velocidades rotacionales amplio y poder facilitar la operación de la extrusora, las velocidades de extrusión se encuentran entre 10 hasta 150 RPM aproximadamente. (Savgorodny 1973)

La figura 19, ilustra algunos ejemplos de motores eléctricos para diversas extrusoras, actualmente la industria está migrando a la implementación de

Servomotores, esto se debe a que un servomotor tiene la facilidad de controlar la posición del eje en cualquier momento, esto permite que el eje del servomotor gire una determinada cantidad de grados y a una gran variedad de velocidades rotacionales, por esta razón, los servomotores son óptimos para procesos de extrusión. (Noriega y Estrada 2017)



Figura 19. Imágenes de motores y servomotores para máquinas de extrusión.
(Elaboración propia)

Las imágenes del lado izquierdo de la figura 19, tanto la superior como la inferior, corresponden a motores eléctricos de corriente alterna (AC) los cuales por medio de poleas y/o cajas reductoras disminuyen la velocidad rotacional del motor; por otra

parte, las imágenes del lado derecho corresponden a unos servomotores para máquinas de extrusión, para procesos con altas precisiones y altas restricciones de flujo de la masa fundida, se recomienda implementar servomotores para garantizar una operación óptima de la extrusora. (Noriega y Estrada 2017)

3.3.4. CAMISA DE REFRIGERACIÓN O ENFRIAMIENTO

La camisa de refrigeración es de gran importancia en los procesos de extrusión de poliolefinas, ya que evita que la temperatura aumente en la zona de alimentación, el perfil de las temperaturas a lo largo de la longitud del husillo tiene un comportamiento creciente, pero la temperatura en las primeras vueltas del husillo debe permanecer estable, y con una temperatura menor a la temperatura de fusión, esto permite que el transporte de los sólidos sea óptimo y constante. (Noriega y Estrada 2017)

Las camisas de enfriamiento son cilindros ranurados a través de los cuales fluye agua a temperaturas bajas, entre 5°C a 15°C, uno de los problemas más comunes en procesos de extrusión se presenta cuando las entradas de agua de estas camisas se taponan impidiendo refrigerar la zona de alimentación, usualmente por falta de limpieza o por falta de mantenimiento, cuando esto ocurre, el flujo de material fundido en la extrusora comienza a tener productividades con altas variaciones en el flujo másico, la productividad de la extrusora disminuye repentinamente, esto se debe a problemas de transporte de los gránulos sólidos materia prima. (Bornacelli, Gutierrez, y Otero 2008)

La figura 20, ilustra una camisa de enfriamiento convencional, los racores en la parte superior son la entrada y salida del agua fría, las ranuras que se observan en la camisa son los canales por donde fluye el agua permitiendo substraer el calor del cilindro en una pequeña longitud de la zona de alimentación.

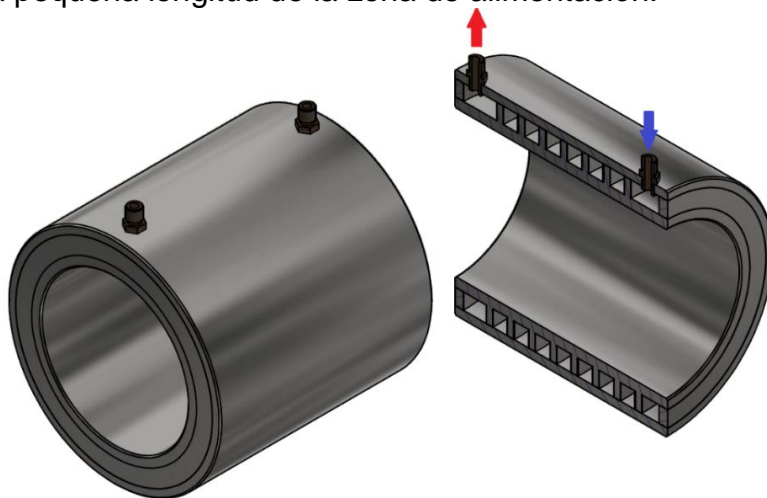


Figura 20. Camisa de enfriamiento para zona de alimentación. (Elaboración Propia)

3.3.5. BARRIL O CILINDRO.

El cilindro o barril es el elemento que alberga en su interior el tornillo o husillo, la superficie interna del cilindro debe de tener un coeficiente de fricción alto, para permitir aumentar la fuerza de cizalladura que soporta el material plástico y poder generar la temperatura necesaria para fundir el material plástico. Dado que el husillo y el barril son mecanismo que se rozan constantemente, se pueden generar altos desgastes en el diámetro interno del barril, por esta razón los barriles se fabrican en aceros con altas durezas desde 50 hasta 70 HRC (dureza Rockwell C), se debe garantizar que las durezas del barril sean mayores a las durezas superficiales del husillo, el husillo deberá ser siempre el elemento fusible, es decir, es preferible que se dañe el husillo en vez del barril debido a que los costos de fabricación del barril son más altos que los costos de fabricación del husillo. (Bornacelli, Gutierrez, y Otero 2008)

A lo largo de la longitud del barril, se deberán garantizar al menos 3 diferentes zonas de temperaturas, esto se logra con resistencias cilíndricas montadas sobre el barril, estas resistencias deberán ser controladas independientemente, un primer control para la zona de alimentación, un segundo control de temperaturas para la zona de plastificación y el último para la zona de dosificación. Debido a la baja conductividad térmica de los materiales plásticos, el usual implementar sistemas de ventilación en las resistencias para evitar un aumento repentino de las temperaturas de alguna de las tres zonas, si se presenta un alto incremento de temperatura, la viscosidad de los polímeros decrecerá e inclusive se podrá degradar el material polimérico y/o afectar las propiedades del producto final, además el proceso podría oscilar constantemente. (Beltrán y Marcilla 2012)

La figura 21, representa los componentes principales del barril en procesos de extrusión.

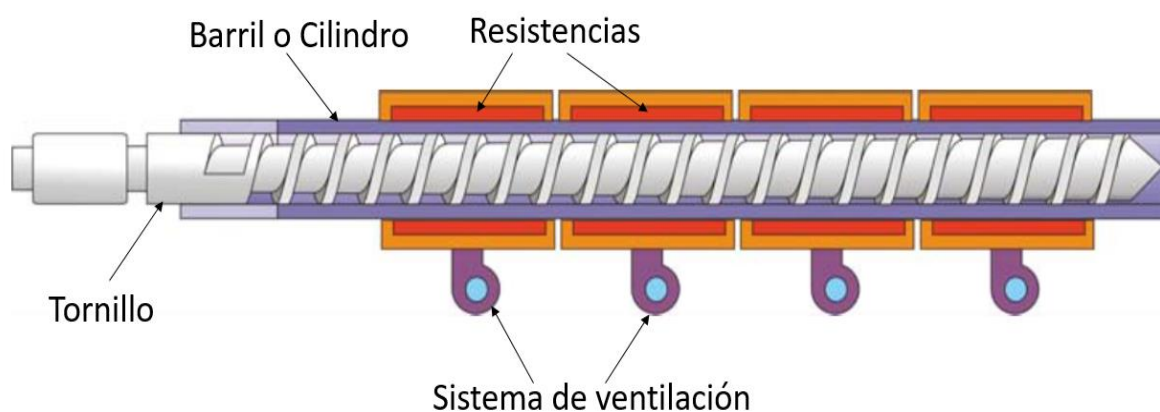


Figura 21. Componente de un barril de extrusión. (Beltrán y Marcilla 2012)

Se debe de garantizar que las primeras vueltas del tornillo estén libres de resistencias, es decir, la zona que corresponde a la ubicación de la tolva de alimentación y la camisa de refrigeración no deberá de tener resistencias y las temperaturas deberán ser menores a las demás zonas del barril, la figura 22 es una representación de un montaje convencional de una extrusora. (Beltrán y Marcilla 2012)

Para conseguir un coeficiente de fricción elevado entre la superficie interior del barril y el material particulado se deberá garantizar el enfriamiento en la zona de alimentación. Para aumentar la fuerza de cizalladura para lograr la plastificación del material, es usual la implementación de barriles con zonas ranuradas, usualmente la longitud de la zona ranurada es máxima 3,5 veces el diámetro, estas ranuras permiten mayores productividades y una mejor estabilidad en la masa fundida. (Beltrán y Marcilla 2012)

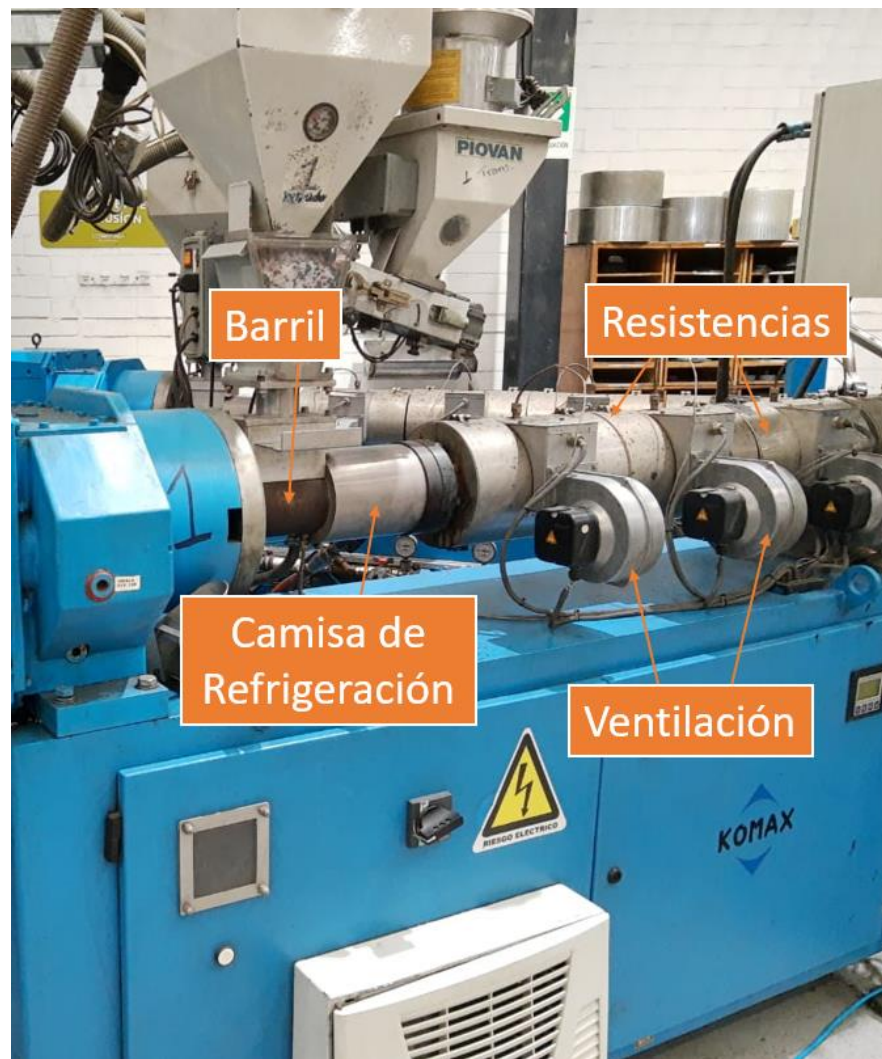


Figura 22. Montaje convencional de una extrusora. (Elaboración Propia)

En la tabla 13 se pueden observar los perfiles de temperaturas para varios materiales plásticos, las temperaturas a lo largo de la longitud del barril tienen un comportamiento creciente, por ejemplo, para un polipropileno, la temperatura en la zona de alimentación es de 190°C, para la zona de plastificación es de 210°C y para la zona de dosificación y el cabezal las temperaturas son de 221°C, esto permite que el material alcanza un estado de fusión y homogenización que permita al husillo comprimir y generar la presión necesaria para que el material adopte la geometría de las boquillas.

Material	Feed Zone, °F (°C)	Transition Zone, °F (°C)	Metering Zone, °F (°C)	Die Zone, °F (°C)
ABS	400° (204°)	425° (219°)	440° (227°)	460° (238°)
Nylon 6	420° (216°)	460° (238°)	480° (249°)	500° (260°)
Nylon 6,6	530° (277°)	535° (280°)	545° (285°)	540° (282°)
LDPE	340° (171°)	355° (180°)	365° (185°)	375° (191°)
LLDPE	300° (149°)	325° (163°)	364° (185°)	410° (210°)
HDPE	340° (171°)	380° (193°)	400° (204°)	400° (204°)
PP	375° (190°)	410° (210°)	430° (221°)	430° (221°)
Polystyrene	350° (177°)	400° (204°)	440° (227°)	450° (232°)
HIPS	375° (191°)	420° (216°)	450° (232°)	450° (232°)
PMMA	360° (182°)	400° (204°)	430° (221°)	445° (230°)
Flexible PVC	265° (130°)	340° (171°)	355° (181°)	365° (181°)
Rigid PVC	300° (149°)	320° (160°)	340° (171°)	365° (181°)
PC	510° (266°)	530° (277°)	550° (288°)	560° (293°)
Noryl®	450° (232°)	480° (249°)	510° (266°)	510° (266°)
Ultem®	600° (316°)	640° (338°)	675° (357°)	675° (357°)
PET	520° (270°)	550° (290°)	510° (265°)	510° (265°)
PBT	470° (243°)	490° (121°)	500° (260°)	500° (260°)
Polysulfone	550° (288°)	600° (316°)	650° (343°)	650° (343°)
Acetal	400° (204°)	390° (199°)	400° (204°)	410° (210°)
Thermoplastic Polyurethane	330° (166°)	360° (182°)	380° (193°)	380° (193°)

Tabla 13. Temperaturas de procesamiento recomendadas para varios materiales plásticos. (Giles, Wagner, y Mount 2014)

3.3.6. CAMBIA FILTROS Y PLATO ROMPEDOR.

El plato rompedor es un disco con perforaciones el cual se ubica entre la salida del barril y el cabezal, este elemento usualmente fabricado en acero se encarga de romper las líneas de flujo generadas por el tornillo y convertirlas en líneas de flujo paralelas entre sí y permite aumentar la presión y mejorar la homogenización de la mezcla; el plato rompedor es un disco con perforaciones entre 3 a 5 mm, (Beltrán y Marcilla 2012) en estos discos se posicionan las mallas filtros, estas mallas permiten filtrar los contaminantes e impurezas que pueda tener el material peletizado, la figura 23, ilustra dos tipos de mallas filtros, la imagen de la izquierda es una malla filtro de 12x64, y la imagen de la derecha corresponde a una malla filtro de 24x110, estas medidas representan la finura de filtración de los contaminantes, entre más finas sean las mallas más contaminantes se podrán filtrar en el proceso y La tabla 14, especifica las medidas de las mallas más usadas en procesos de extrusión.

Mesh	Finura de filtración	Finura de filtración	Carga de rotura		Peso	Grueso de la tela
	nominal	absoluta	urdimbre	trama		
	μm	μm	N	N	kg/m^2	mm
80x300	25	32-36	330	460	0,98	0,25
80x400	36	36-45	310	430	0,82	0,23
2/50x250	30	42-48	310	670	1,15	0,31
50x250	40	56-63	310	640	1,00	0,32
50x280	45	71-75	310	680	1,00	0,32
40x200	56	75-80	320	730	1,30	0,40
30x150	63	100-112	420	870	1,60	0,50
24x110	80	112-125	930	1600	2,70	0,67
22x140		140-170	570	980	2,10	0,66
20x160		160-180	300	870	1,55	0,50
20x150		170-190	260	1100	1,60	0,55
16x120		200-210	280	1320	1,95	0,64
14x110		220-240	390	1500	2,15	0,72
12x 95		240-260	330	1440	2,30	0,79
14x 88		280-300	640	1650	3,15	0,76
10x 90		270-290	510	1750	2,50	0,93
12x 64		280-300	750	2620	4,10	1,21

Tabla 14. Especificaciones de mallas filtros para procesos de extrusión. (Beltrán y Marcilla 2012)

Los filtros se montan en sistemas mecánicos de fácil remoción y montaje, es decir, sistemas que permitan cambiar las mallas filtros sucias o contaminadas y los platos rompedores sin tener que hacer paros prolongados, en la figura 23 se pueden apreciar algunas mallas filtros, las cuales se posicionan superpuestas o apiladas delante del plato rompedor, las mallas más finas se sitúan posteriores a las mallas más gruesas, para procesos con materiales reciclados es necesario hacer cambios de filtros a diario, para evitar taponamientos que generen una caída de presión y problemas de flujos en el cabezal.

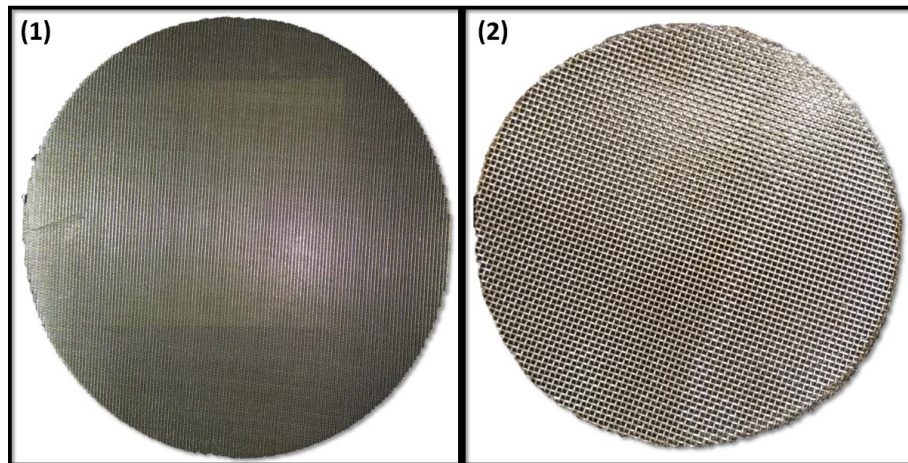


Figura 23. Mallas filtros para procesos de extrusión. (Elaboración Propia)

La figura 24 ilustra dos tipos de mecanismos cambio filtros, la imagen (1) y (3) hacen referencia a cambia filtros mecánicos, se gira la palanca superior para cambiar el filtro contaminado o sucio por uno nuevo (se requiere parar la máquina), y la imagen (2) ilustra un cambia filtro hidráulico, en este sistema un actuador permite cambiar los filtros sin necesidad de parar la máquina.

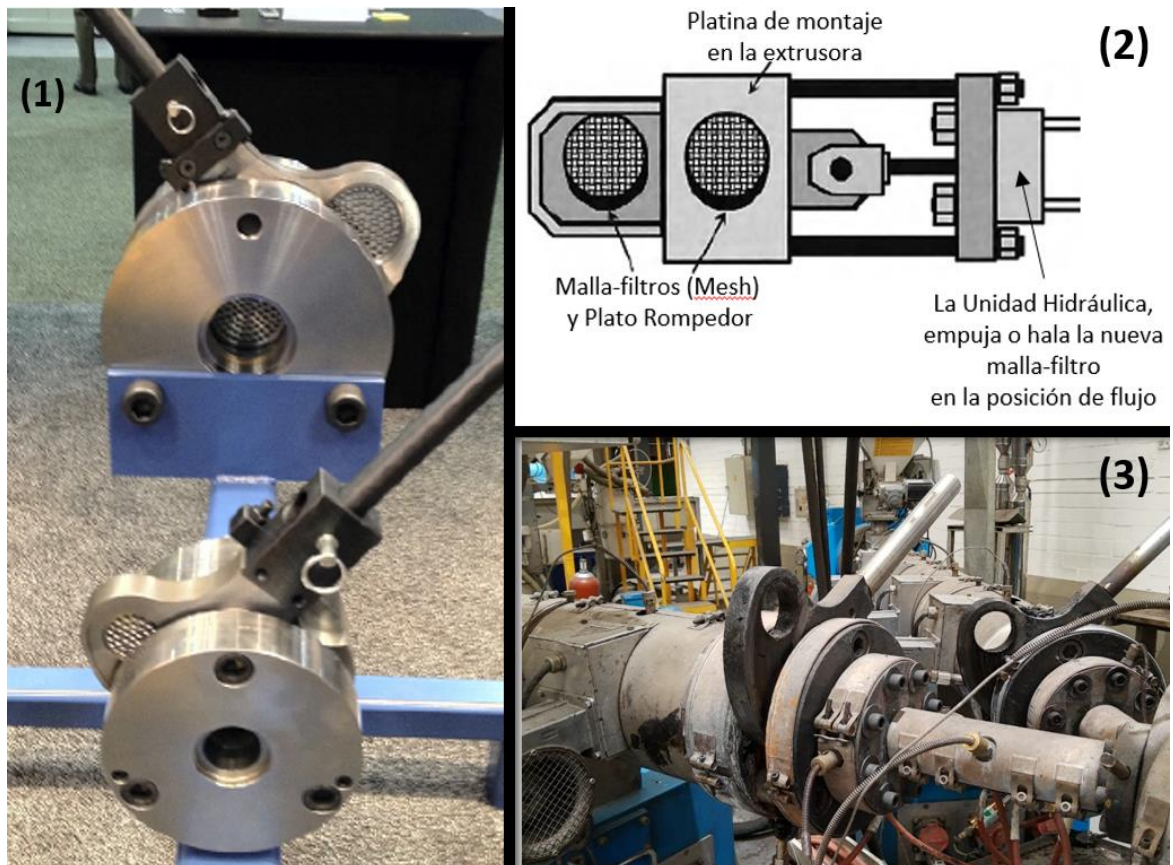


Figura 24. Mecanismos para cambios de filtros. (Giles, Wagner, y Mount 2014)

3.3.7. CABEZAL

El cabezal es el componente en las unidades de plastificación encargado de moldear y dar la geometría final al producto, debe permitir que el material plastificado pueda fluir fácilmente y a una velocidad constante, dependiendo del tipo de producto a extruir su geometría cambiara, por ejemplo, para la fabricación de tuberías o recubrimientos; la salida del cabezal es de tipo anular, ver figura 25, en esta imagen se pueden apreciar los diferentes componentes que se requieren para obtener perfiles circulares o tubos; por otra parte, los cabezales para películas planas son cabezales tipo colas de pescado, estos cabezales se diseñan para que la presión sea constante en el ancho total del cabezal, la figura 26 representa un cabezal plano para procesar películas planas para procesar rafia. (Beltrán y Marcilla 2012)

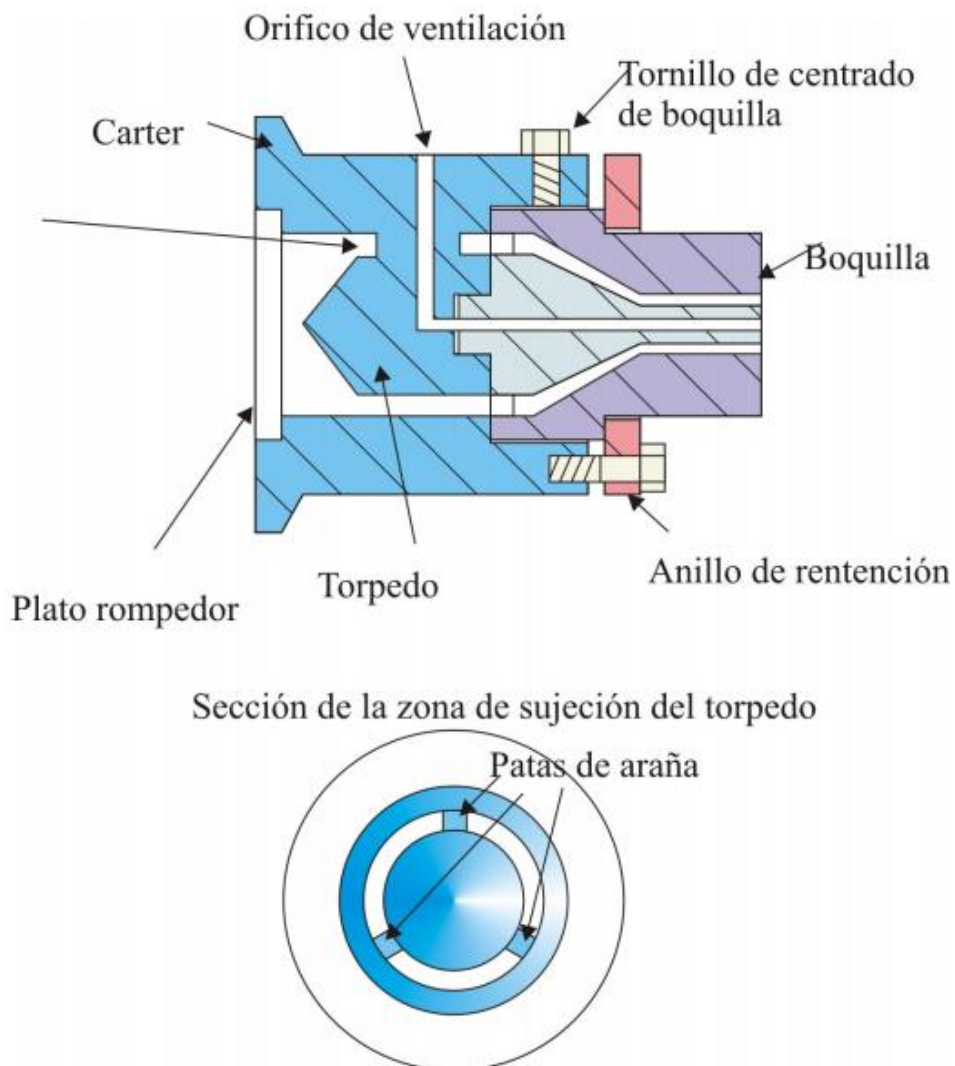


Figura 25. Cabezal para tuberías convencionales. (Beltrán y Marcilla 2012)



Figura 26. Cabezal para película plana convencional. (Elaboración Propia)

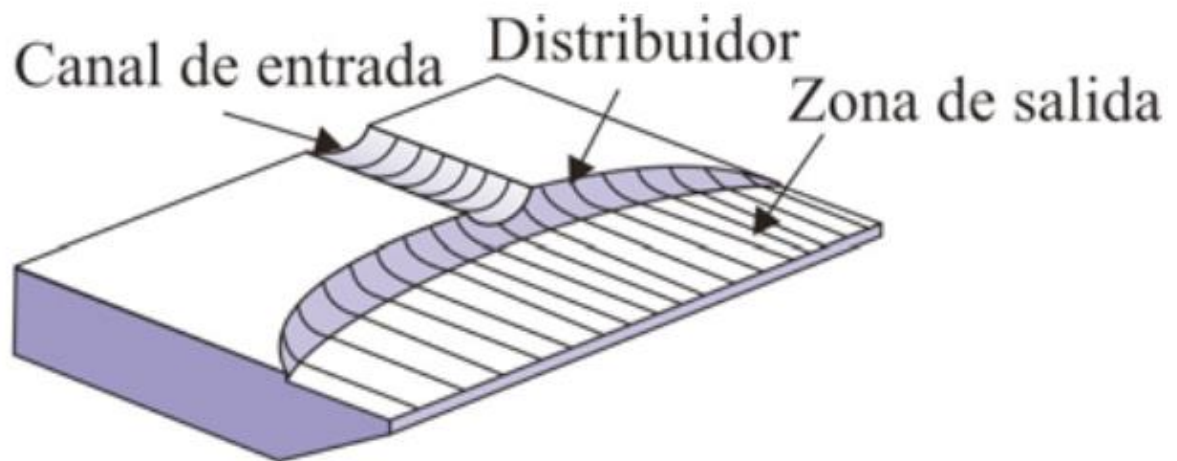


Figura 27. Partes y componentes de un cabezal plano. (Beltrán y Marcilla 2012)

La extrusora se puede utilizar para la fabricación de película plana o láminas, el dado o cabezal para la fabricación de este producto tiene una salida con una geometría con sección transversal rectangular; en la figura 27, se representan las partes de una boquilla plana, el distribuidor es la sección encargada de distribuir el flujo a lo largo de la zona de salida, permitiendo un espesor y velocidades constantes en todo el ancho del cabezal, para garantizar presiones y flujos homogéneos en el ancho total del cabezal, en el centro del dado y del canal de distribución se logra una restricción de flujo, esto permite que en el centro del dado no haya una mayor velocidad de salida del material fundido . (Ramos 1993)

CAPÍTULO 4:

Anteriormente se calculaban los husillos para procesos de extrusión sólo con el análisis de las zonas de alimentación y dosificación por facilidad de los cálculos, esto debido a que las alturas de los filetes son constantes, y la zona de plastificación no se estudiaba debido a que los filetes tienen una altura variable, lo cual dificulta el cálculo reológico del material. (Beltrán y Marcilla 2012)

Hoy en día los cálculos de husillos se implementan siguiendo el modelo de fusión de Tadmor, este modelo permite calcular la zona de plastificación partiendo de unas condiciones dadas, el cual consiste en remover la capa de masa fundida en la superficie del cilindro y acumularla en la piscina de fundido del tornillo. La figura 28 ilustra las zonas de fundido en una extrusora monohusillo. (Beltrán y Marcilla 2012).

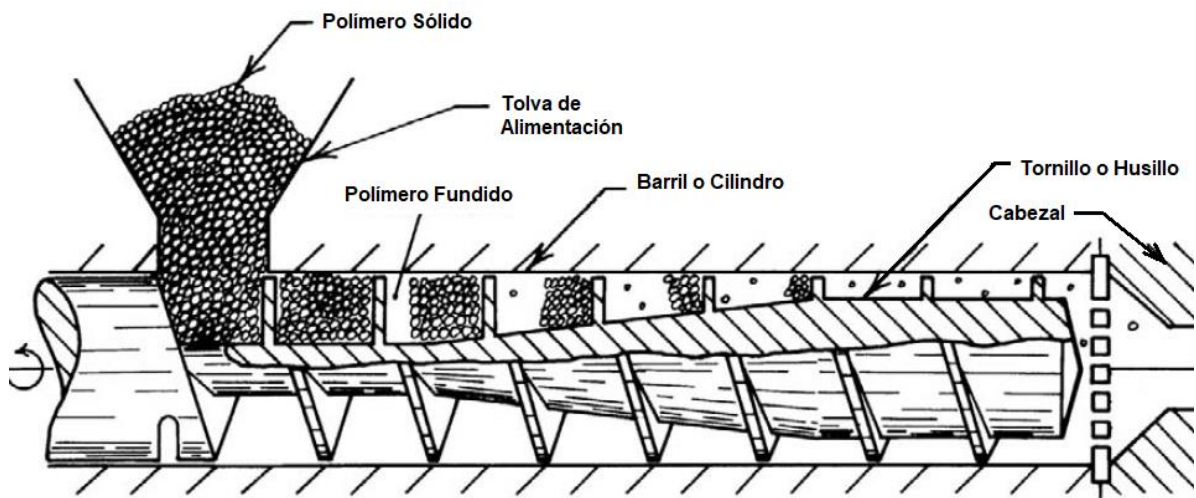


Figura 28. Corte transversal de la extrusora, evidenciando las zonas de fundido. (Kutz 2011)

4.1. ZONA DE ALIMENTACIÓN Y TRANSPORTE DE SÓLIDOS.

La función principal de la zona de alimentación es de transportar el polímero en estado sólido particulado o granulado desde la tolva de alimentación hasta el canal del husillo, este proceso sólo se logra a si el coeficiente del husillo es mucho menor al coeficiente de fricción del barril, para poder visualizar este método de transporte, se puede asumir que el polímero sólido se comporta como una tuerca en un tornillo roscado, al girar el tornillo (Husillo) la tuerca se desplazará hacia adelante debido al coeficiente de fricción (fuerzas externas) y al giro constante del tornillo. (Osswald y Giménez 2008)

El análisis más a fondo de la zona de alimentación fue altamente investigado por Tadmor y Klein, para lograr un mayor coeficiente de fricción se deberá garantizar el

uso de la camisa de refrigeración para mantener una temperatura óptima y poder generar una presión necesaria para comprimir el lecho sólido que se desplaza a lo largo del canal, el flujo másico máximo que se puede lograr en la zona de alimentación se puede calcular con la siguiente ecuación: (Osswald y Giménez 2008).

$$\dot{m} = \rho_{masa} \cdot \pi \cdot N \cdot D_b \cdot \tan \phi \cdot \left(\frac{\pi}{4} (D_b^2 - D_s^2) - \frac{e \cdot h_{alimentación}}{\sin \phi} \right)$$

4.2. ZONA DE FUSIÓN O PLÁSTIFICACIÓN.

La zona de plastificación o compresión, es la zona donde el material cambia de estado sólido a líquido o fundido, conforme los filetes del husillo empujan el material, los pellets o gránulos se van compactando mientras avanzan a lo largo del husillo, este desplazamiento permite formar una masa sólida, la cual se va calentando y fundiendo progresivamente, la longitud de esta zona de plastificación es menor a la zona de alimentación y medida de esta depende de la geometría del husillo, las propiedades del material y las condiciones de procesamiento. En el fenómeno de fusión, el tamaño del lecho o capa sólida se disminuye y compacta mientras que a su lado se va formando un remolino de fundido, este remolino de material fundido se conoce como piscina de fundido, ver siguiente figura: (Osswald y Giménez 2008)

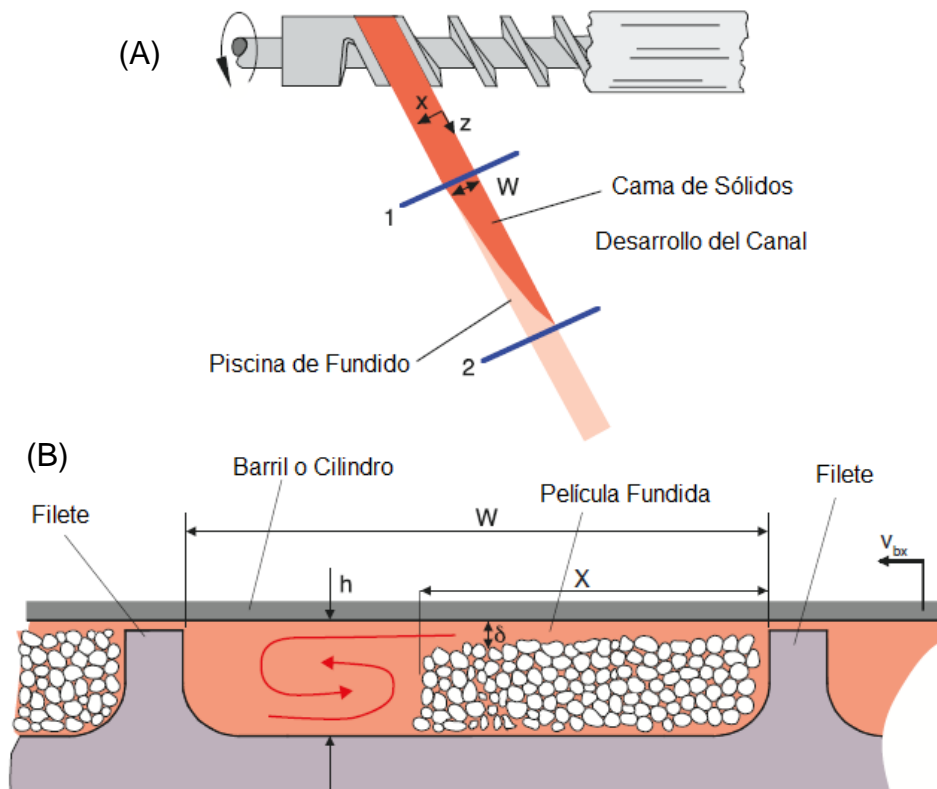


Figura 29. (A) Lecho sólido en un canal desarrollado y (B) distribución de las zonas de fundido en el canal de un husillo. (Osswald y Menges 2012)

En la figura 29, se ilustra el proceso de fusión y deformación que ocurre el material, a medida que el material plástico se comienza a fundir la distancia X decrecerá, esta distancia representa el ancho de la cama o del lecho sólidos, cuando esta distancia sea cero, se infiere que el material se encuentra totalmente fundido.

$$\text{Polímero completamente sólido} = \frac{X}{W} = 1$$

$$\text{Polímero completamente fundido} = \frac{X}{W} = 0$$

Entre más fina sea la capa de fusión del polímero, más efectiva será la plastificación y esta se logra al aumentar la velocidad y la presión del fluido.

Existen dos mecanismos para calcular la fusión del material; el primero consiste en calcular el calor generado por el cilindro a los gránulos de material plástico, este primer método depende de la velocidad de transmisión de calor de la superficie interna del barril al polímero, de la conductividad térmica del plástico y del fenómeno de conducción, es fenómeno estudia cómo se distribuye el flujo de masa fundida en el canal del husillo; en este mecanismo consume energía eléctrica para calentar la superficie externa del barril gracias a las resistencias, y el barril a su vez a los pellets o gránulos sólidos, este calentamiento es difícil de controlar debido a las pérdidas de calor hacia el ambiente y hacia los demás elementos de la extrusora. (Bornacelli, Gutierrez, y Otero 2008)

El segundo mecanismo para calcular la zona de plastificación depende del cambio de energía mecánica (generada por el motor) en energía térmica, este aumento de temperatura se produce gracias a la deformación de los gránulos sólidos, este fenómeno de deformación se conoce como disipación viscosa, la fricción generada entre la superficie interna del cilindro con los granos de material plástico provoca un aumento de la temperatura, esta energía es más eficiente que la energía calórica producida por las resistencias y la perdida de calor por fricción es mínima. (Bornacelli, Gutierrez, y Otero 2008)

4.2.1. MODELO DE PLASTIFICACIÓN POR REMOCIÓN DEL FUNDIDO

Este modelo considera que un volumen homogéneo e isotrópico de un polímero está contenido dentro de un canal con un ancho W, además una placa será la encargada de desplazar o transportar constantemente el material a una velocidad y a unas temperaturas dadas, el modelo de fusión se analiza en las direcciones coordenadas "X" y "Y", donde el eje X es la dirección longitudinal del husillo y el eje Y es la dirección radial, ver figura 30, en el eje de coordenadas "Z" no ocurren variaciones, debido a que la longitud del canal desarrollado se considera infinito.

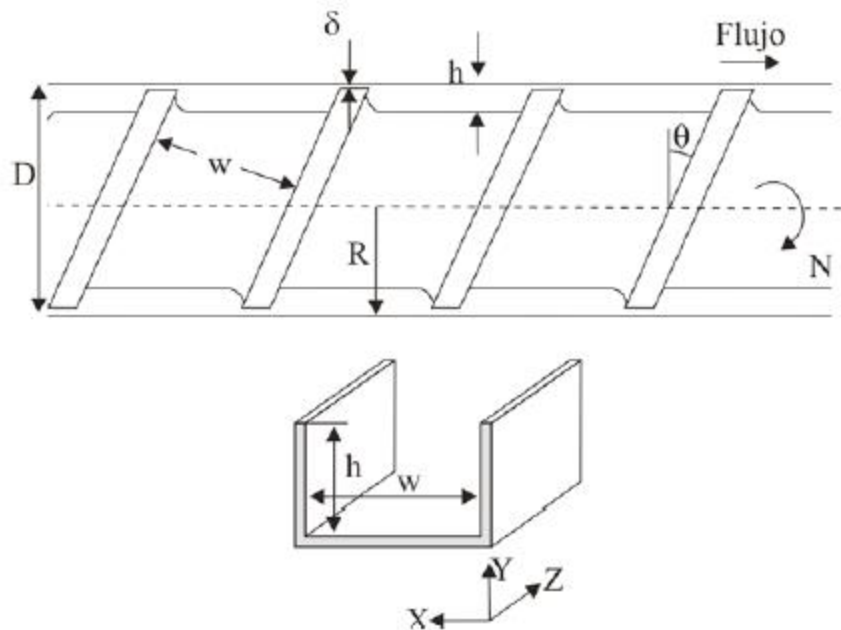


Figura 30. Sistema de coordenadas del husillo extrusor. (Beltrán y Marcilla 2012)

La película o capa de fundido irá incrementando en la dirección positiva del eje “X”, la altura de esta capa de fundido se denota con el símbolo $\delta(x)$, esta variable es necesaria para calcular el flujo en la zona de plastificación, la medida de la capa de fundido es uno de los principales objetivos para interpretar este modelo.

Otra variable que deberemos conocer para calcular el modelo de fusión es la viscosidad (η), la viscosidad mide la resistencia de un fluido a moverse libremente; para materiales plásticos o poliméricos esta viscosidad tiene un comportamiento no newtoniano, es decir, su comportamiento no es constante, como se puede apreciar en la figura 30, la gráfica ilustra el comportamiento de un fluido pseudoplásticos, el cual es decreciente a medida que aumenta la velocidad de cizalladura o de corte, se denota por el símbolo ($\dot{\gamma}$), la viscosidad se representa con la siguiente ecuación: (Beltrán y Marcilla 2012)

$$\text{Viscosidad} = \eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}, \quad (1)$$

donde:

$\dot{\gamma}$ = Rata de cizalladura

τ = Esfuerzo de corte

A medida que la velocidad de cizalladura aumenta, la viscosidad descende en fluidos pseudoplásticos, para fluidos newtonianos la viscosidad es constante para cualquier velocidad de corte. (Noriega y Estrada 2017)

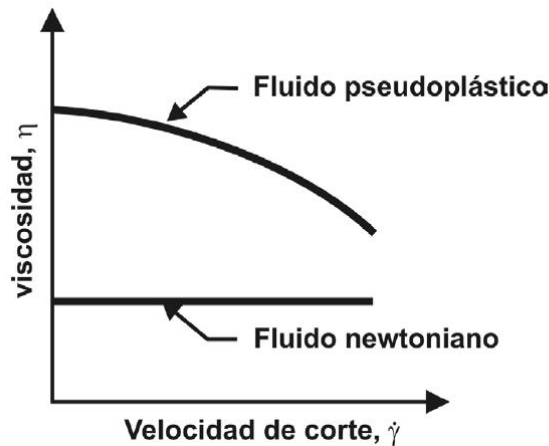


Figura 31. Comportamiento de la viscosidad vs Rata de cizalladura. (Beltrán y Marcilla 2012)

El material polimérico es transportado gracias a la fricción viscosa en la superficie del cilindro, la cual se determina gracias a las tensiones de cizalladura que se forman en la película de fundido, para lograr una plastificación total del polímero sólido, se deberá garantizar una presión necesaria, velocidades y temperaturas para satisfacer las ecuaciones de movimiento y las ecuaciones de energía. (Noriega y Estrada 2017)

El proceso de plastificación de un polímero en una extrusora empieza desde que las partículas sólidas ingresan a la tolva de alimentación, y son transportadas por los filetes del husillo a través de sus canales hacia la zona de dosificación, en algún punto de la zona de plastificación o alimentación, el cilindro comienza a transmitir por conducción el calor necesario hasta fundir el polímero, formando la capa o película de fundido sobre la superficie interna del barril, aproximadamente en la quinta vuelta o espira del tornillo se comienza a plastificar el material, es decir, para cálculos por medio del método de remoción del fundido de Tadmor, se deberá partir de la quinta vuelta en la longitud total del husillo. (Noriega y Estrada 2017)

El flujo del material fundido tiene un comportamiento laminar con bajos números de Reynolds; las altas viscosidades de un polímero generan flujos laminares, esto dificulta la mezcla y la homogenización del material, además las variaciones de espesores dependen de una homogeneidad de la mezcla, por este motivo al tener tornillos con diferentes zonas de mezclas hay una mejor homogenización y se podrán tener mejores calibres del producto final. (Noriega y Estrada 2017).

$$\#Reynolds = Re = \frac{\rho \cdot V \cdot L}{\mu}, \quad (2)$$

Para flujos laminares el valor del número de Reynolds debe ser menor a 2100; si el flujo tiene una alta viscosidad y bajas velocidades, como es el caso de los polímeros, el número de Re será muy bajo. (Noriega y Estrada 2017).

4.2.2. VELOCIDAD RESULTANTE EN EL MODELO DE FUNSIÓN.

La variable más importante para el modelo de fusión es la velocidad, en este modelo se toma como referencia don placas paralelas, una móvil (barril) y otra fija (filete tornillo), los cuales están separadas una distancia “y”, entre estas dos placas fluye un líquido con viscosidad “ η ”. (Noriega y Estrada 2017)

Cuando el sistema se encuentra en reposo, es decir, cuando el tiempo (t) es igual a cero, la placa superior o móvil tiene una velocidad “V” en la constante gracias a una fuerza “F”, luego para un tiempo (t) diferente de cero, el perfil de velocidad alcanza un estado estacionario, en el cual se puede relacionar la velocidad con la fuerza F, que se ejerce para alcanzar dicha velocidad, la figura 32 muestra el perfil de velocidad en la capa de fundido (Noriega y Estrada 2017):

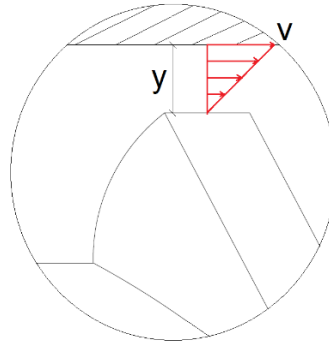


Figura 32. Perfil de velocidades. (Elaboración Propia)

$$\text{Esfuerzo} = \tau = \frac{F}{A} \quad (3)$$

Donde el esfuerzo cortante o de cizalla se simboliza con (τ), este esfuerzo se propagará en función del eje de coordenadas “x”, A es el área de la placa en contacto con el fluido, este esfuerzo lo expresaremos en términos de la viscosidad y de la componente de velocidad, según la ecuación de la magnitud de la velocidad de cizalladura tenemos que: (Noriega y Estrada 2017)

$$\dot{\gamma} = \sqrt{\left[\frac{\partial U_x}{\partial y}\right]^2} \quad (4) \quad \dot{\gamma} = \frac{\partial U_x}{\partial y} \quad (5)$$

De la ecuación constitutiva- Ley de Newton, sabemos que el esfuerzo cortante en la dirección de “x” es igual a:

$$\tau_{yx} = \tau_{xy} = \eta(\dot{\gamma}_{xy}) \quad (6)$$

La ecuación (5) en (6)

$$\tau_{rz} = \eta\left(\frac{\partial U_x}{\partial y}\right) \quad (7)$$

Este modelo considera tres velocidades diferentes las cuales se derivan de la relación entre el tornillo y el barril, la velocidad relativa de sólidos (V_s), la velocidad tangencial del tornillo ($V_o=V_b$) y la velocidad relativa del cilindro (V_z), para este modelo se considera que el tornillo está en un estado estacionario y el barril es el que gira, en la figura 33 se ilustra las componentes de la velocidad tangencial y los ejes coordenados y la figura 34, ilustra los ángulos de transporte y las direcciones de las velocidades antes nombradas. (Noriega y Estrada 2017)

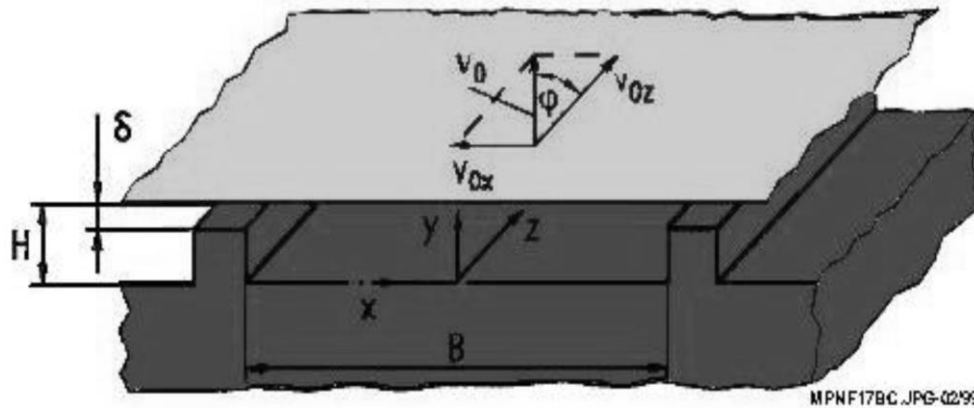


Figura 33. Componentes de la velocidad tangencial. (Noriega y Estrada 2017)

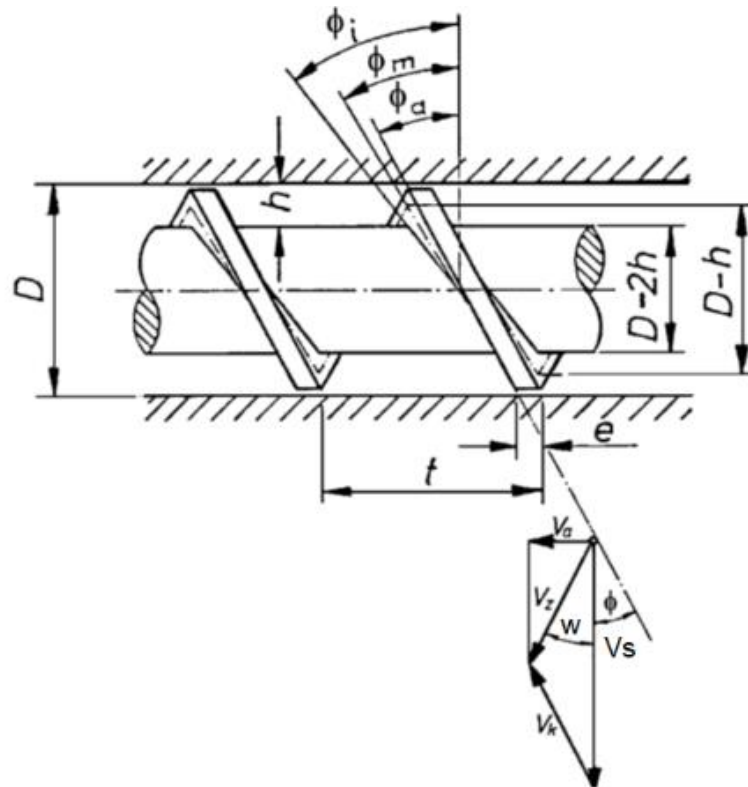


Figura 34. Ángulos de paso y de transporte en zona de alimentación. (Noriega y Estrada 2017)

Donde la velocidad tangencial es igual a:

$$V_o = \pi . D . N, \quad (8)$$

donde:

$N = \text{Velocidad rotacional (RPM)}$

$D = \text{Diámetro del tornillo}$

La velocidad tangencial debe estar expresada en las componentes “x” y “z”, la componente de la velocidad en “x”, corresponde a la velocidad a lo ancho del canal y la componente en “z”, corresponde a la velocidad a lo largo del canal del husillo. (Tadmor y Gogos 2006)

$$V_{ox} = \pi . D . N . \sin \varphi_m, \quad (9)$$

$$V_{oz} = \pi . D . N . \cos \varphi_m, \quad (10)$$

$\bar{\varphi} = \varphi_m = \text{Ángulo de paso del husillo}$

$N = \text{Velocidad rotacional del husillo}$

$D = \text{Diámetro del husillo}$

$$\varphi_m = \tan^{-1} \left(\frac{S}{\pi D} \right), \quad (11)$$

Los ángulos de paso se pueden expresar en términos del ángulo de transporte.

$$\tan(\varphi_a) = C . \tan(\varphi_i) = E . \tan(\varphi_m), \quad (12)$$

donde:

$$E = \left(\frac{D - h}{D} \right)$$

$$C = \left(\frac{D - 2h}{D} \right)$$

La velocidad relativa del cilindro, V_z :

$$V_z = \pi . D . N . \left(\frac{\sin \varphi_a}{\sin(\varphi_a + \varpi)} \right), \quad (13)$$

La velocidad relativa de sólidos, V_s :

$$V_s = \pi . D . N . \left(\frac{\sin \varphi_\omega}{\sin(\varphi_a + \varpi)} \right), \quad (14)$$

El cambio en el tamaño del lecho sólido tendrá un pequeño incremento en el canal descendente, el cual dependerá de la velocidad de plastificación de la interfaz del

lecho fundido-sólido, se deberá considerar un diferencial de volumen, perpendicular a la interfaz de la película fundida y el lecho sólido, la velocidad del lecho sólido relativo se moverá a una velocidad V_{sz} y una velocidad hacia el lecho fundido V_{sy} . La velocidad relativa entre la superficie del barril y el lecho sólido es: (Tadmor y Gogos 2006)

$$V_j = V_b - V_{sz}, \quad (15)$$

O también, se puede escribir como:

$$|V_j| = (V_j \cdot V_j) = (V_b^2 + V_{sz}^2 - 2 \cdot V_b \cdot V_{sz} \cos \theta)^{\frac{1}{2}}, \quad (16)$$

La ecuación (16), determina el rango de la disipación viscosa, para un perfil de velocidad lineal, la velocidad de cizalladura ($\dot{\gamma}$) se comporta según la relación V_j/δ , donde (δ) es el espesor de la película fundida, la capa de fundido sólo se remueve en la dirección "X" o a lo ancho del canal, es decir, en la componente "X" de la velocidad tangencial o velocidad del canal, la cual arrastra el polímero plastificado de la película de fundido hacia la piscina de fundidos a una velocidad V_{bx} , este mecanismo asume que la capa de fundido permanece constante, las variaciones de la capa de fundido son insignificantes. (Tadmor y Gogos 2006)

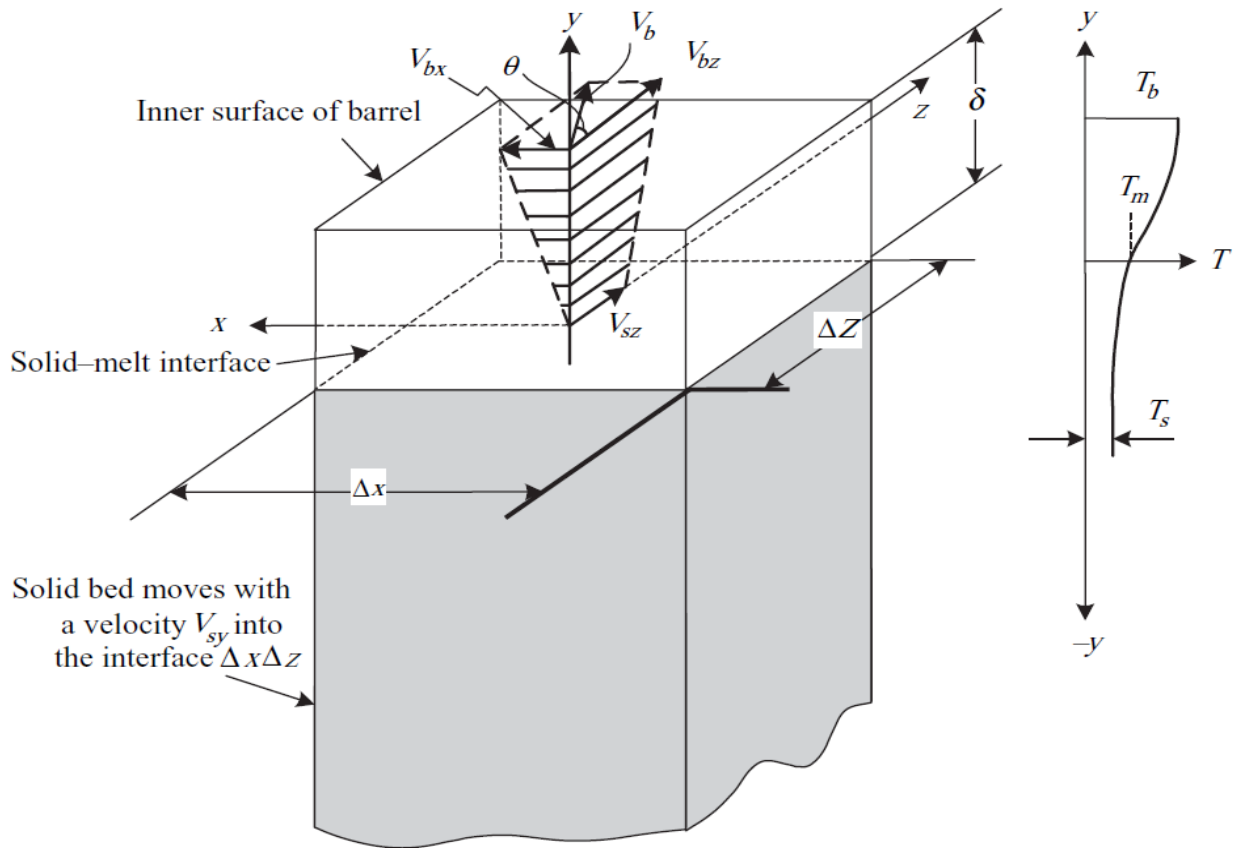


Figura 35. Diferencial de volumen para esquemizar el modelo de remoción de fundido de Tadmor. (Tadmor y Gogos 2006).

4.2.3. LA TEMPERATURA EN EL MODELO DE REMOCIÓN DE FUNDIDOS.

El calor que se genera a través de la lámina caliente (barril) se transmite a una temperatura T_o , la temperatura de la interface sólido- fundido se conocerá como T_m , esta temperatura se asumirá como constante en un tiempo (t), esta temperatura se transmitirá desde el barril a través del lecho fundido hasta la interface de la capa sólido-fundido, la temperatura del sólido tendrá una temperatura T_s , ver figura 35, cuando el sólido alcanza la temperatura T_m , es el punto donde se comienza la fusión del material y la temperatura se igualará a temperatura de fusión T_f .

En la figura 36, se puede observar el fenómeno de fusión para un polímero según el modelo de remoción de fundido, la capa del lecho fundido tendrá variaciones mínimas hasta garantizar la plastificación total del lecho sólido. (Tadmor y Gogos 2006).

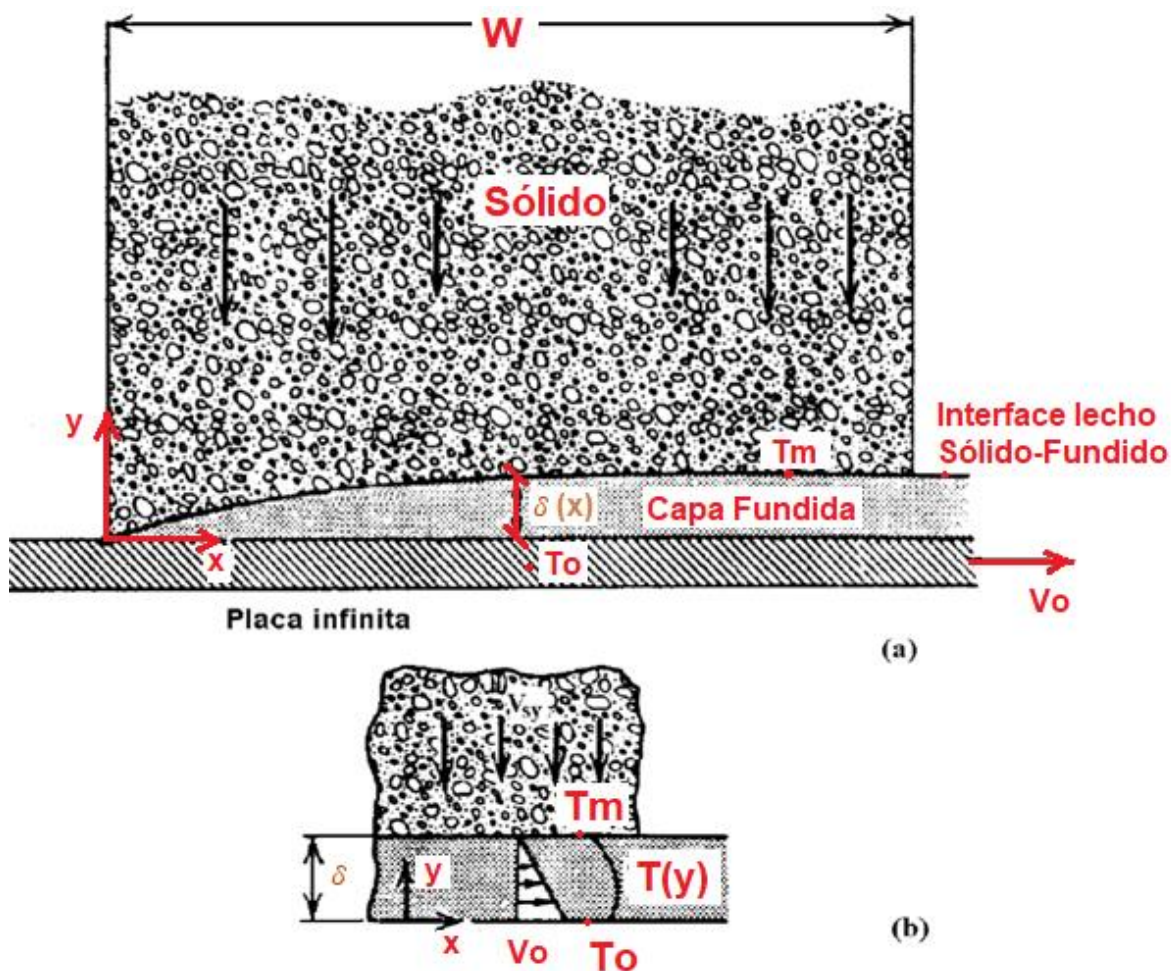


Figura 36. Fenómeno de fusión para el modelo de remoción de fundido. (Tadmor y Gogos 2006).

Para poder calcular el calor que se genera para el proceso de plastificación, se asume que el lecho sólido tiene una profundidad absoluta en la dirección “y”, esto se justifica debido a la baja conductividad térmica de los polímeros, y este lecho sólido se desplaza constantemente hacia la piscina de fundido, esto permite inferir que hay una caída en la temperatura del lecho sólido T_s , y normalmente se asume que esta temperatura será igual a la temperatura ambiente. (Beltrán y Marcilla 2012)

El espesor de la película fundida es diminuto si se compara con el espesor del lecho sólido a lo largo de la zona de plastificación, esta razón permite asumir que la película o cama de fundido se encapsula entre dos placas paralelas infinitas, una placa de ella corresponde a el barril, el cual está a una temperatura T_b y el lecho sólido a una temperatura T_m , teniendo en cuenta estas consideraciones se puede expresar la energía térmica necesaria para efectuar la plastificación en términos de T_m y T_b : (Beltrán y Marcilla 2012)

$$Q = C_m \cdot \bar{\theta} \cdot (T_b - T_m), \quad (17)$$

Donde,

$C_m = \text{Calor Específico}$

$\bar{\theta} = \text{Temperatura media del fundido}$

$T_b = \text{Temp del barril}$

$T_m = \text{Temp de la interfaz Sólido – líquido}$

La temperatura media es función del número de Brinkman, y se calcula con la siguiente ecuación:

$$\bar{\theta} = \frac{2}{3} + \frac{Br}{12}, \quad (18)$$

El número de Brinkman, es un número adimensional que relaciona a conducción de calor desde el barril a un fluido viscoso en movimiento (capa de fundido), este número se calcula conociendo la viscosidad del polímero fundido, la conductividad térmica y la velocidad. (Beltrán y Marcilla 2012)

$$Br = \frac{\eta \cdot V_j^2}{K_m (T_b - T_m)}, \quad (19)$$

Donde:

$\eta = \text{Viscosidad del polímero fundido}$

$V_j = \text{Velocidad relativa}$

$K_m = \text{Calor Específico}$

$T_b = \text{temperatura del barril}$

$T_m = \text{Temp de la interfaz Sólido – líquido}$

Suposiciones para calcular el modelo de fusión.

Se deben tomar ciertas suposiciones que ayudarán a dar solución al modelo de fusión. Las suposiciones que se toman son las siguientes: (Noriega y Estrada 2017)

- i. Placa caliente con velocidad V_0 a una temperatura T_0
- ii. Capa homogénea de sólido de ancho X .
- iii. Se forma una película entre el sólido y la placa, la cual se remueve constantemente
- iv. Estado estacionario del flujo, es decir, los perfiles de velocidad, temperatura y presión son independientes del tiempo.
- v. Sólo se calculan en dos direcciones, todas las funciones dependen de las direcciones X y Y , en la dirección Z no hay variaciones, la longitud del canal desarrollado se considera infinita.
- vi. El fluido es incompresible, la densidad es constante
- vii. Las propiedades del polímero son constantes.
- viii. No hay deslizamientos, el polímero se adhiere perfectamente a la pared del barril.
- ix. Flujo laminar ($Re < 1$), las fuerzas viscosas son mayores que las fuerzas inerciales.
- x. El calor es conducido de la placa caliente T_0 hasta la interfaz sólido-líquido la cual se encuentra en T_m
- xi. El flujo se comporta como un líquido Newtoniano, las propiedades térmicas y físicas se asumen como constantes y la interfaz entre la capa fundida y sólida se asume como una interfase diminuta a una temperatura de fusión T_m .

Evaluando continuidad:

Coordenadas cartesianas:

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho * V_x) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho * V_y) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho * V_z) = 0 \quad (20)$$

Como en la dirección Z , no hay variaciones, de la ecuación (20) se obtiene:

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho * V_x) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho * V_y) = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial x}(V_x) + \frac{\partial}{\partial y}(V_y) = 0 \quad (21)$$

Ecuación de Momentum:

$$\rho \left(\frac{\partial U_x}{\partial t} + U_x \frac{\partial U_x}{\partial x} + U_y \frac{\partial U_x}{\partial y} + U_z \frac{\partial U_x}{\partial z} \right) = -\frac{\partial P}{\partial x} + \left(\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} \right) + \rho * g_x \quad (22)$$

$$0 = -\frac{\partial P}{\partial x} + \left[\frac{\partial}{\partial y}(\tau_{xy}) \right]$$

$$\frac{\partial P}{\partial x} = \left[\frac{\partial}{\partial y}(\tau_{xy}) \right] \quad (23)$$

Como se asume un flujo de arrastre en la película, tendremos que:

$$\frac{\partial}{\partial y}(\tau_{xy}) = 0$$

El modelo de Tadmor se desarrolla empleando las suposiciones e interpretando el fenómeno ilustrado de la figura 29(A) y 29(B), donde la viscosidad del polímero en función de la temperatura es: (Noriega y Estrada 2017)

$$\eta = m_o \cdot e^{-a(T-T_m)} \cdot |\dot{\gamma}|^{n-1}, \quad (24)$$

Inicialmente para empezar a calcular el porcentaje de material fundido respecto al sólido, partimos de los balances de energía del sólido y del material fundido:

Balance de energía del material fundido:

$$K_m \left(\frac{d^2 T}{dy^2} \right) - \tau_{xy} \left(\frac{dV_x}{dy} \right) = 0, \quad (25)$$

Balance de energía del material fundido:

$$K_s \left(\frac{d^2 T}{dy^2} \right) - C_s \cdot \rho_s \cdot V_{sy} \left(\frac{dV_x}{dy} \right) = 0, \quad (26)$$

Balance en la interfase de sólido y líquido es igual a:

$$K_m \left(-\frac{dT}{dy} \right)_{y=\delta} = K_s \left(-\frac{dT}{dy} \right)_{y=\delta} + \rho_m (-V_y(\delta)) \cdot \lambda, \quad (27)$$

El primer término de la ecuación (27) corresponde al calor conducido desde la película caliente a la interfase sólido-líquido, y el segundo término corresponde a la tasa de fusión en la interfase por unidad de área, la cual regula el calor de fusión y el último término es la conductividad térmica fuera de la interfaz por unidad de área. Pearson partiendo de la ecuación (27), desarrolla varios métodos matemáticos para resolver este modelo, realizó los cálculos partiendo de un fluido Newtoniano con temperaturas independientes de la viscosidad y considerando el calor transferido por la convección desde la película fundida, dando como resultado la velocidad de plastificación debido al ancho del fluido según la viscosidad y la temperatura: (Noriega y Estrada 2017)

$$W_L = \sqrt{\frac{V_{bx}\rho_m \left[K_m(T_b - T_m) + \frac{\eta V_j^2}{2} \right] \cdot X}{2 \cdot [\lambda + C_s(T_m - T_{so}) + C_m\bar{\Theta}(T_b - T_m)]}}, \quad (28)$$

Para poder hallar el espesor de la capa fundido, debemos de partir del hecho que la velocidad de cizalladura está en función de la velocidad tangencial y el juego radial medio, también conocido como el espesor medio de la capa de fundido, la rata de cizalladura es igual a: (Noriega y Estrada 2017)

$$\dot{\gamma} = \frac{V_b}{\bar{\delta}}, \quad (29)$$

Donde el espesor medio es igual a:

$$\bar{\delta} = \frac{\delta_0 + \delta_{max}}{2}, \quad (30)$$

El espesor medio depende del espesor máximo de la capa de fundida y el espesor inicial de la capa fundida, estas se calculan con las siguientes ecuaciones: (Noriega y Estrada 2017)

Espesor inicial de la capa de fundido es igual a: (Noriega y Estrada 2017)

$$\delta_0 = \sqrt{\frac{K_m(T_b - T_m) \cdot W}{\lambda^* \cdot \rho_m \cdot V_b}}, \quad (31)$$

Donde es valor de λ^* , depende del tipo de material polimérico implementado, para materiales amorfos y semicristalinos: (Noriega y Estrada 2017)

Amorfos:

$$\lambda^* = C_s(T_g - T_{so})$$

Semicristalinos:

$$\lambda^* = C_s(T_m - T_{so}) + \lambda$$

Donde, λ = Calor de fusión del polímero

Y el espesor de la capa de fundida máxima es igual a: (Noriega y Estrada 2017)

$$\delta_{max} = \delta_0 \sqrt{4 + 2Br}, \quad (32)$$

El ancho X del lecho sólido para una altura del filete constante, es decir, para la zona de alimentación y dosificación se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$\frac{X_2}{W} = \frac{X_1}{W} \left[1 - \frac{\Psi \cdot (Z_2 - Z_1)}{2H} \right]^2, \quad (33)$$

Por otra parte, para alturas de filetes variables (zona de plastificación) se calcula con la siguiente ecuación:

$$\frac{X_2}{W} = \frac{X_1}{W} \left[\frac{\Psi}{A} - \left(\frac{\Psi}{A} - 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{H}{(H - AZ)}} \right]^2, \quad (34)$$

Donde A representa la conicidad o estrechamiento en la zona de plastificación, la cual es igual a:

$$A = -\frac{dH}{dZ}, \quad (35)$$

Si se implementan las dimensiones conocidas del husillo, se puede expresar esta relación con la siguiente ecuación:

$$A = \frac{H1 - H2}{\left(\frac{Ec \cdot D}{\sin \varphi_m} \right)}, \quad (36)$$

Donde, Ψ es la velocidad de flujo volumétrico adimensional y se calcula con la siguiente ecuación:

$$\Psi = \frac{\Phi}{V_{sz} \cdot \rho_s \sqrt{X_1}}, \quad (37)$$

La velocidad de flujo volumétrico está en función de la velocidad del lecho sólido (V_{sz}), la densidad del polímero sólido y la potencia de plastificación de la extrusora:

$$\Phi = \sqrt{\frac{V_{bx} \cdot \rho_m \left[K_m (T_b - T_m) + \frac{\eta V_j^2}{2} \right]}{2 \cdot [\lambda + C_s (T_m - T_{so}) + C_m \cdot \bar{\Theta} (T_b - T_m)]}}, \quad (38)$$

Y la velocidad del lecho sólido es igual a:

$$V_{sz} = \frac{m_k}{\rho_s \cdot W \cdot h}, \quad (39)$$

Utilizando este modelo de plastificación, se puede calcular y diseñar extrusoras de forma correcta y eficientes, permitiendo un perfil de plastificación adecuado para el polímero a implementar, se debe de tener un estudio reológico para poder calcular adecuadamente las medidas y dimensiones del husillo. La figura 37, ilustra el comportamiento adecuado para un polímero según el modelo evaluado por Tadmor.

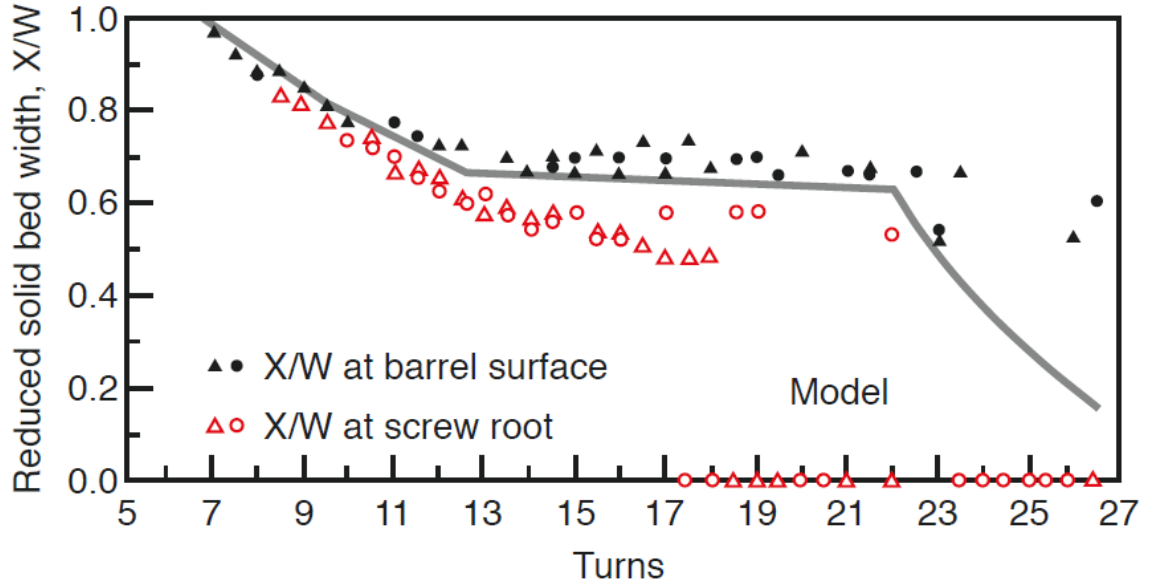


Figura 37. Comportamiento del modelo de fusión de Tadmor, respecto al número de vueltas y la relación X/W. (Osswald y Menges 2012)

4.3. ZONA DE DOSIFICACIÓN.

la zona de dosificación es la región final de la extrusora, para facilitar los cálculos del flujo del material, se considera que la masa fundida está completamente plastificada; de esta forma se puede implementar un análisis matemático simple, en el cual se considera que el flujo se desplaza por un canal de sección rectangular constante. (Ramos 1993)

El flujo volumétrico total a través del canal se comporta de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$G = G_S - G_P - G_e, \quad (40)$$

donde: G_S = Flujo de arrastre, G_P = Flujo de presión y G_e = Flujo de escape o pérdida

El flujo de arrastre depende de la sección transversal y de la velocidad de rotación del tornillo, para que este flujo se transporte, se requiere del movimiento de una

superficie en contacto con el fluido (tornillo), además que este en contacto con una superficie fija o quieta (cilindro o barril). (Ramos 1993).

$$G_s = \frac{V_o \cdot W \cdot h \cdot \cos \varphi \cdot F_s}{2}, \quad (41)$$

Donde F_s es el factor de corrección por flancos, V_o es la velocidad tangencial, W ancho del canal, h es la altura del filete en zona de dosificación, φ es el ángulo de paso, F_s se calcula con la siguiente ecuación:

$$F_s = 1 - 0,571 \cdot \left(\frac{h}{W}\right), \quad (42)$$

El flujo de presión circula hacia atrás y ocurre por una diferencia de presiones, es decir, es la presión que genera oposición de la tolva a la zona de dosificación, debido a esto tiene un valor negativo.

$$G_p = \frac{\Delta P \cdot W \cdot h^3 \cdot F_p}{12 \cdot Z \cdot n}, \quad (43)$$

Donde Z es la longitud del canal desarrollado:

$$Z = \frac{L}{\sin \varphi}, \quad (44)$$

Donde el gradiente depresión $\Delta P/Z$ es la variación de la presión en la longitud del canal desarrollado, h es la altura del filete, n es la viscosidad de la masa fundida y F_p es el factor de corrección por flancos para pérdidas por presión. (Ramos 1993).

$$F_p = 1 - 0,625 \left(\frac{h}{W}\right), \quad (45)$$

El flujo por pérdida es el flujo de presión que se da sobre los filetes, si el tornillo está bien ajustado y con las tolerancias correctas, se desprecia el flujo de pérdida, pero si el juego radial tiene unas medidas por juego de rango debido a desgaste del husillo el flujo a pérdida cobra mucha importancia (Ramos 1993).

$$G_p = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot \delta^2 \cdot \Delta P}{12 \cdot n \cdot e_s \cdot Z}, \quad (46)$$

Donde δ es el juego radial, e_s es el espesor del filete, n es la viscosidad, D diámetro del husillo y Z es la longitud total del canal desarrollado.

El flujo volumétrico no solo depende del comportamiento del fluido al largo del canal del husillo, también depende del cabezal o dado, se considera que el flujo de masa fundida fluye a través del dado a la velocidad directamente proporcional a la caída

de presión en el cabezal y es inversamente proporcional a la viscosidad del fluido, es decir, a mayor viscosidad el flujo volumétrico decrecerá.

$$Q = \frac{\Delta P}{\eta} \cdot K, \quad (47)$$

donde K depende de la geometría del dado

La tabla 15, representa las ecuaciones características de flujo volumétrico para geometrías de cabezales distintas. La constante de proporcionalidad K depende de la geometría de la salida del dado. (Ramos 1993).

Tipo de Conducto	Para Fluidos Newtonianos.
Circular	$Q = \frac{\pi \cdot R^4}{8L} \left(\frac{\Delta P}{\eta} \right)$
Rectangular	$Q = \frac{w \cdot H^3}{12L} \left(\frac{\Delta P}{\eta} \right)$
Anular	$Q = K \left(\frac{\Delta P}{\eta} \right) = \frac{Cm \cdot h^3}{12L} \left(\frac{\Delta P}{\eta} \right),$
<i>Donde:</i>	$Cm = 2\pi(R_{int} + R_{ext})$ $R_{int} = \text{Radio Interno}$ $R_{ext} = \text{Radio Externo}$

Tabla 15. Ecuaciones para flujos volumétricos de cabezales. (Ramos 1993).

CAPÍTULO 5: Ingeniería del Proyecto.

Para este proyecto se propone diseñar y simular un proceso de extrusión que permita ser aplicado y poder dar una posible solución a la problemática actual del país, referente a la gestión de productos plásticos aprovechables. En el segundo capítulo se dieron a conocer los materiales más comercializados en los últimos años, estos materiales son el HDPE, LDPE, PP y PVC (tanto flexible como rígido).

Los productos extruidos que son elaborados de material plástico recuperado suelen ser maderas plásticas, mangueras de riego, bolsas plásticas, algunos productos inyectados de uso doméstico, que usualmente son fabricados con polietilenos y polipropilenos; pero no es usual implementar policloruros de vinilo recuperados en la industria plástica, esto se debe a la dificultad de reciclar y reaprovechar estos materiales, principalmente debido a las temperaturas de procesamiento y degradación, unos cuantos grados por encima de la temperatura de procesamiento puede degradar el material, alrededor de 200° tanto para el PVC rígido como flexible; cuando ocurre una degradación del PVC, se genera un gas toxico el cual se conoce como ácido clorhídrico (HCL), este gas es nocivo para la salud, por esta razón se deberá diseñar un proceso de extrusión que permita implementar tanto poliolefinas y PVC.

El uso más demandado del PVC en Colombia es para la fabricación de tuberías para el sector de la construcción, además algunas tuberías de uso industrial están migrando a usar polipropilenos y polietilenos de alta densidad; por esa razón se desarrolla un proceso para fabricación de tuberías y mangueras con material recuperado.

5.1. PARÁMETROS DE DISEÑO PARA FABRICACIÓN DE TUBERÍAS Y MANGUERAS EXTRUIDAS.

Para desarrollar los cálculos y diseños de la máquina de extrusión para tuberías y mangueras, debemos de partir de los productos y materiales que se requieren fabricar, es decir, las tuberías de PVC más demandadas a nivel nacional son las implementadas en las obras civiles, como en la construcción de edificios, bodegas y casas, usualmente son usadas para las redes eléctricas y para la red hidrosanitaria, debido a que se van a implementar materiales recuperados, no se recomienda el uso de estos materiales en sistemas de alta presión, por este motivo se diseñara un proceso para fabricar tuberías eléctricas de uso domiciliario o industrial, las tuberías comerciales más demandadas en PVC son de ½ pulgada, ¾ y de una pulgada.

Además de fabricar tuberías en PVC, se desea poder fabricar mangueras de riego y mangueras para redes neumáticas en polipropilenos y polietilenos, también para la fabricación de Cores y todo de tipo de productos con cabezales anulares.

Algunos parámetros de diseño para ser tenidos en cuenta en la simulación de la extrusora serán las relaciones de compresión, la relación de compresión de los husillos oscila entre 2.0 y 4.0 y la relación L/D, usualmente esta relación para la extrusión de polímeros termoplásticos varía generalmente entre 20:1 y 30:1. (Noriega y Estrada 2017)

Otro factor importante a la hora de diseñar unidades de extrusión, debe ser la relación entre el área de salida transversal del husillo y el área transversal del dado o cabezal; es importante mantener una presión alta en el cabezal para garantizar las geometrías y velocidades de salida de la masa fundida, en la práctica esta relación es menor que $\frac{1}{2}$, es decir, el área transversal del dado debe ser menor a la mitad del área de transversal del barril.

5.2. DIMENSIONES Y MEDIDAS DEL TORNILLO DE LA EXTRUSORA.

Para calcular el husillo se necesita conocer el flujo másico, este flujo másico se calcula experimentalmente y es de aproximadamente 50 Kilogramos por hora, a una velocidad rotacional de 60 RPM, con un husillo de un diámetro nominal de 60 mm de paso cuadrado y una relación de longitud de husillo de 25:1 (1500 mm de longitud).

Teniendo en cuenta estos parámetros descritos, se procede a calcular las dimensiones y medidas del husillo, para posteriormente simular el perfil de extrusión en Excel. Para el cálculo del husillo se deberá implementar la siguiente información:

$$\begin{aligned} \text{Diámetro nominal del Husillo (D)} &= 60\text{mm} \\ \frac{L}{D} &= 25:1 \\ \text{Longitud del Husillo} &= L = 60\text{mm} * 25 = 1500\text{ mm} \\ \text{Paso Husillo Cuadrado (S)} &= D = 60\text{mm} \end{aligned}$$

Para calcular las alturas de los filetes en la zona de alimentación y compresión se implementa la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} H_{\text{alimentación}} &= H1 = 0,2 * 60\text{ mm} \\ H1 &= 12\text{ mm} \end{aligned}$$

Para calcular la altura del diente o filete en la zona de dosificación se deberá conocer la relación de compresión, para poliolefinas y para PVC rígido se utilizan relaciones de compresión 3:1. (ver tabla 9), donde la relación de compresión será:

$$\beta = \frac{H_{\text{Alimentación}}}{H_{\text{Dosificación}}}$$

$$H2 = H_{\text{Dosificación}} = \frac{H_{\text{Alimentación}}}{\beta}$$

$$H2 = \frac{12\text{mm}}{3} = 4\text{ mm}$$

Para calcular el ancho del canal, se implementará la siguiente ecuación:

Ancho del canal del husillo = $W = S \cdot \cos \varphi - e$, donde:

e = espesor del filete del husillo

S = Paso del husillo

φ = Ángulo de paso del husillo

Donde el espesor del filete y el ángulo de paso del husillo son:

$$\text{Esperor del filete} = e = 0,10 * S$$

$$e = 0,10 * 60\text{ mm} = 6\text{mm}$$

$$\varphi_b = \text{Ángulo de paso del husillo} = \tan^{-1} \left(\frac{S}{\pi D} \right)$$

$$\varphi_b = \text{Ángulo de paso del husillo} = \tan^{-1} \left(\frac{60\text{ mm}}{\pi * 60\text{mm}} \right)$$

$$\varphi = 17,65^\circ$$

$$W = 60 * \cos(17,65^\circ) - 6\text{ mm}$$

$$W = 51,175\text{ mm}$$

Para poder calcular las longitudes de las zonas de alimentación, plastificación y dosificación, se deberá tener en cuenta lo siguiente:

$$\frac{L}{D} \text{Alimentación} > \frac{L}{D} \text{Plastificación} > \frac{L}{D} \text{Dosificación}$$

La relación entre la longitud del husillo y el diámetro se estableció en una relación 25:1, en contexto con la desigualdad anterior, las zonas se distribuyen de la siguiente manera:

$$\frac{L}{D} \text{Alimentación} = 10, (\text{Long alimentación: } 600\text{ mm})$$

$$\frac{L}{D} \text{Plastificación} = 8, (\text{Long plastificación: } 480\text{ mm})$$

$$\frac{L}{D} \text{Dosificación} = 7, (\text{Long dosificación: } 420\text{ mm})$$

La tabla 16, contiene todos los parámetros y dimensiones para calcular el perfil de extrusión del tornillo para tubería y mangueras.

Parámetros	Símbolo	Dato	Unidades		
Diámetro del tornillo	D	60	mm		
Relación Longitud/Diámetro del tornillo	L/D	25	None		
Relación L/D ingresada		25	None		
Nombre de la variable	Variables	Zona de alimentación	Zona de transición	Zona de dosificación	Und
Profundidad del filete	H1	12	12	4	mm
	H2		4		
Paso	S	60			mm
Ancho del filete	e	6			mm
Relación L/D	L/D	10	8	7	None

Tabla 16. Dimensiones del husillo para la extrusora de tubería. (Elaboración Propia).

Posterior al cálculo de las dimensiones del husillo y sus respectivas zonas, se deberá validar las condiciones de operación, ver tabla 17, el flujo másico se deberá parametrizar en kilogramos por segundo y la velocidad rotacional en revoluciones por segundo, para trabajar con las mismas unidades en la simulación de Excel, se supone una temperatura ambiente de 25°C.

Parámetros de Procesamiento		
Flujo másico	50	kg/h
Flujo másico	0,013889	kg/s
Velocidad de Rotación	60	Rpm
Velocidad de Rotación	1	Rev/s
Temperatura del polímero sólido (T amb)	25	oC
LD_Divisiones	0,1	N/A
LD_Inicio	5	N/A
XW_Fin	0,1	N/A

Tabla 17. Parámetros para el procesamiento en la simulación. (Elaboración Propia).

En la tabla 17, también se puede observar un parámetro LD_Divisiones, este parámetro equivale a la distancia a la cual se hará la siguiente iteración en la hoja de Excel, es decir, en la simulación se evaluará cada 6 mm de la vuelta anterior; el parámetro LD_Inicio, equivale a la longitud a la cual se comenzará la plastificación del material sólido, para un polipropileno semicristalino la plastificación comienza en la 5 vuelta aproximadamente, y por último, el parámetro XW_Fin, es el valor hasta el cual se harán las iteraciones y los cálculos para la simulación. (Noriega y Estrada 2017).

Además de los parámetros operacionales descritos en la tabla 17, se deberán tener en cuenta las temperaturas de procesamiento o perfil de temperaturas, el perfil de temperaturas inicia 50°C por encima de la temperatura de transición vítrea, para el polipropileno 01H41 la temperatura es de 160°C, es decir, que las temperaturas de procesamiento deben estar por encima de este valor.

Temperaturas de la Unidad de Plastificación				
	Zona	L/D inicial	L/D final	Temperatura [°C]
Zona de alimentación	1	0	5,1	215
Zona de alimentación / transición	2	5,1	12	215
Zona de transición	3	12	18	220
Zona de transición / dosificación	4	18	20	220
Zona de dosificación	5	20	21	230
Zona de dosificación	6	21	22	230
Zona de dosificación	7	22	23	240
Zona de dosificación	8	23	25	240

Tabla 18, Temperaturas de procesamiento para la simulación. (Elaboración Propia).

Ahora, se deberá partir de un estudio reológico y determinar las propiedades del material plástico para poder desarrollar el modelo de remoción de fundidos de Tadmor y poder calcular el comportamiento de las zonas de plastificación y el husillo, la tabla 19, corresponde a un estudio reológico elaborado por el instituto de capacitación e investigación del plástico y del caucho (ICIPC) para un polipropileno de Essentia, referencia 01H41. (Noriega y Estrada 2017).

Los pasos para efectuar la simulación del modelo de remoción de fundido de Tadmor se pueden buscar en los anexos y los datos que se obtuvieron al hacer la simulación de este modelo en Excel (ver en el Anexo I).

Material	Polipropileno Esenttia	
Referencia	01H41	
Tipo	Semicristalino	
Propiedades del material		
Densidad del sólido	898,22189	kg/m3
Densidad de fundido	759,86742	kg/m3
Km	0,23	W/m.K
Cpm	1700	J/Kg.K
Cps	2400	J/Kg.K
A	9329	Pa*s
B	0,354	s
C	0,678	N/A
U	13728	J/mol
R	8,314	J/mol*K
Φb inicio transicion	17,657	
Φb final transicion	17,657	
Φ promedio	17,657	
Tref	210	C
Tf	160	C
Calor latente	250000	J/kg

Tabla 19. Estudio reológico para un polipropileno 01H41 de Essentia (Noriega y Estrada 2017).

Luego de hacer la simulación en Excel, se grafica los valores obtenidos de la relación X/W (relación entre el ancho del lecho sólido y el ancho del canal) y de la relación L/D , se obtiene el perfil de plastificación acorde a lo planteado por Tadmor (ver figura 37) para el polipropileno estudiado y las dimensiones y parámetros establecidos anteriormente.

La figura 38 ilustra el perfil obtenido luego de la simulación de la unidad de plastificación, se puede apreciar que en la zona de alimentación (entre 5 y 10 L/D) se comienza el proceso de plastificación del material, en la zona de plastificación se comprime el material y la pendiente de la recta es menor las pendientes de las rectas en las zonas de alimentación y dosificación (entre 10 y 18 L/D) y para la zona de dosificación (Entre 18 y 25 L/D) se puede apreciar que la relación X/W tiene a ser cero, este perfil de plastificación es adecuado para un proceso de extrusión.

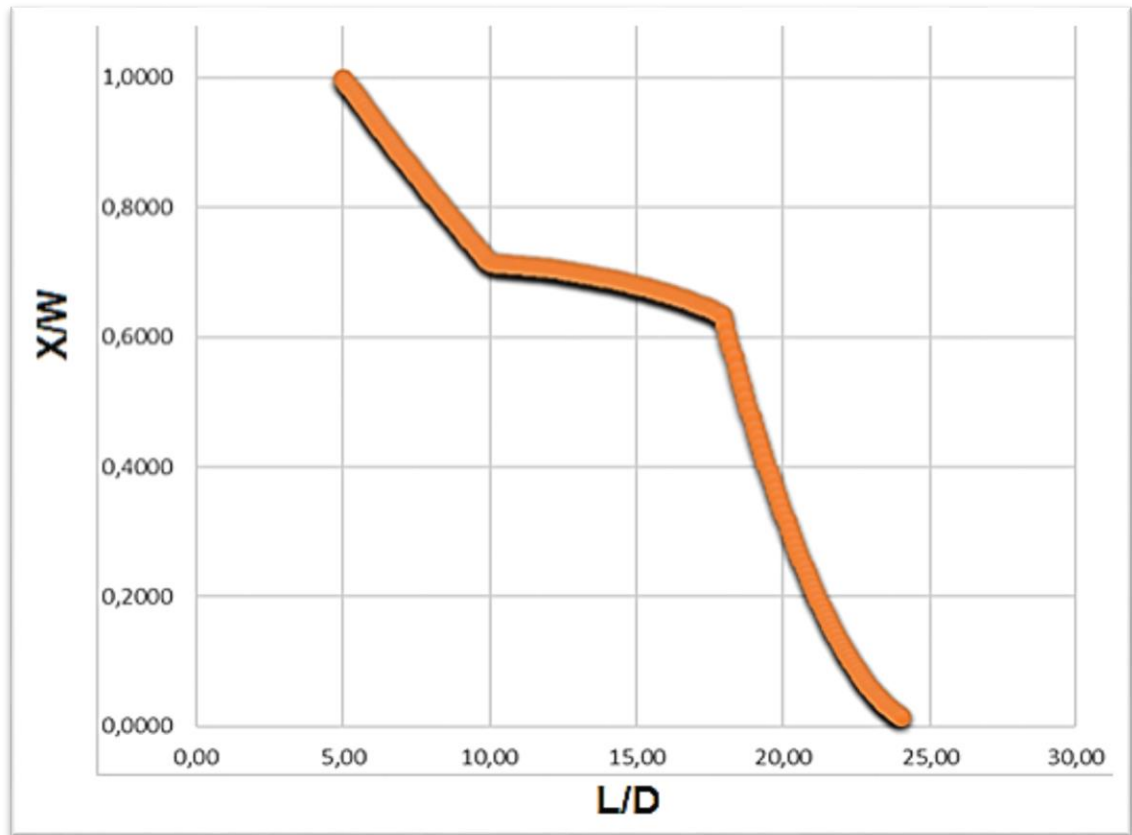


Figura 38. Perfil de plastificación para el husillo diseñado. (Elaboración Propia).

Posteriormente, se deberá calcular el flujo másico teórico máximo en la zona de dosificación, esto permitirá verificar el flujo másico propuesto al inicio de la simulación, donde el flujo másico es igual a:

$$\dot{m}_k = \rho_{fundido} \cdot G$$

$$G = G_s - G_p - G_e$$

Para hallar el flujo por arrastre G_s , tenemos que:

$$G_s = \frac{1}{2} V_b \cdot W \cdot h \cdot \cos \varphi \cdot F_s$$

$$F_s = 1 - 0,571 \frac{H^2}{W}$$

$$G_s = \frac{1}{2} V_b \cdot W \cdot h \cdot \cos \varphi \cdot \left(1 - 0,571 \frac{H^2}{W} \right)$$

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{s}{\pi D} \right)$$

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{60mm}{\pi(60mm)} \right) = 17,65^\circ$$

$$\varphi_m = \tan^{-1} \left(\frac{\tan(17,65^\circ)}{\left(\frac{60mm - 4mm}{60mm} \right)} \right) = 18,82^\circ$$

$$W = S \cdot \cos \varphi_m - e$$

$$W = (60 \text{ mm}) \cdot \cos(18,82^\circ) - 6 \text{ mm} = 50,8 \text{ mm}$$

$$Vb = \pi \cdot N \cdot D$$

$$Vb = \pi \cdot 60Rpm \left(\frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \right) \cdot \left(\frac{60mm}{1000} \right)$$

$$Vb = 1,184 \text{ m/s}$$

$$G_s = \frac{1}{2} (1,184 \text{ m/s}) \cdot (0,0508 \text{ m}) \cdot (0,004 \text{ m}) \cdot \cos(18,82^\circ) \cdot \left(1 - 0,571 \left(\frac{4 \text{ mm}}{50,8 \text{ mm}} \right) \right)$$

$$G_s = 0,0001087 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Para hallar el flujo por presión Gp, tenemos que:

$$G_p = \frac{1}{12} \frac{W \cdot h^3 \cdot \Delta P}{\eta \cdot Z} \cdot Fp$$

$$Fp = 1 - 0,625 \frac{H^2}{W}$$

$$G_p = \frac{1}{12} \frac{W \cdot h^3 \cdot \Delta P}{\eta \cdot Z} \left(1 - 0,625 \frac{H^2}{W} \right)$$

$$Z = \frac{L}{\sin \varphi} = \frac{(7 * 60 \text{ mm})}{\sin(18,82^\circ)} = 1301,94 \text{ mm} = 1,302 \text{ m}$$

Donde la rata de cizalladura se calcula para la zona de dosificación, con 1,184 m/s de velocidad tangencial.

$$\dot{\gamma} = \frac{V_{bz}}{h} = \frac{V_b \cos(\varphi)}{h}$$

$$\dot{\gamma} = \frac{1,184 \frac{\text{m}}{\text{s}} * \cos(18,82^\circ)}{\left(\frac{4}{1000} \text{ m} \right)} = 280,175 \frac{1}{\text{s}}$$

$$a_T = e^{\frac{U}{R} \left(\frac{1}{T_{sup}} - \frac{1}{T_{ref}} \right)}$$

$$a_T = e^{\frac{13728 \text{ J/mol}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol}^\circ\text{K}}} \left(\frac{1}{438,16 \text{ K}} - \frac{1}{503,16 \text{ K}} \right)} = 1,62472$$

La viscosidad la hallamos con el valor de a_T , el cual hallamos anteriormente:

$$\eta = \frac{a_T * A}{(1 + a_T * B * \dot{\gamma})^C}$$

$$\eta = \frac{1,62472 * 9329 \text{ Pa.s}}{(1 + 1,62472 * 0,354 \text{ s} * 280,175 \text{ s}^{-1})^{0,678}}$$

$$\eta = 484,424 \text{ Pa.s}$$

Ahora el flujo por presión será:

$$G_P = \frac{1}{12} \frac{\left(\frac{50,8}{1000} \text{ m} \right) * \left(\frac{4}{1000} \text{ m} \right)^3 * (18000000 \text{ Pa})}{(484,424 \text{ Pa.s}) * (1,302 \text{ m})} * \left(1 - 0,625 \left(\frac{4 \text{ mm}}{50,8 \text{ mm}} \right) \right)$$

$$G_P = 7,35158 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

El flujo volumétrico, hallados el flujo de arrastre y el de presión, sería:

$$G = 0,0001087 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} - 7,35158 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$G = 1,013484 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$\dot{m}_k = 759,867416 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1,013484 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$\dot{m}_k = 0,077 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 277,23 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

Este es el flujo másico teórico que se obtiene al calcular para la extrusora, utilizando un polipropileno de Essentia de referencia 01H41a una presión máxima de 180 Bares (Esta presión es una presión promedio para polipropilenos), el flujo másico será de 277 Kg/h de material. Dependiendo de la presión que se genere en la extrusora este flujo podrá variar. (Noriega y Estrada 2017).

Como el flujo másico máximo es mayor al flujo másico asumido en la situación inicial de la simulación, se puede afirmar que la extrusora podrá plastificar un flujo másico de 50 Kg/h.

5.3. CALCULO DEL MOTOR Y LA POTENCIA DE TRANSMISIÓN.

El cálculo de la potencia requerida del motor para permitir la plastificación y el transporte del material polimérico fundido en la zona de dosificación, se requiere implementar la siguiente ecuación: (Ramos 1993)

$$W = K_1 \cdot \eta \cdot Z \cdot N^2 + K_2 \cdot N \cdot \Delta P, \quad (48)$$

$$K_1 = \left(\frac{\pi^3 D^3 \sin \varphi_m}{H} \right) * (1 - 3 \sin^2 \varphi_m), \quad (49)$$

$$K_2 = \frac{1}{2} (\pi^2 D^2 \cdot H \cdot \sin \varphi_m \cdot \cos \varphi_m), \quad (50)$$

Esta ecuación permite calcular la potencia sólo en la zona de dosificación, la cual equivale a un 25% de la potencia instalada necesaria, con esta medida se podrá calcular la potencia de la extrusora con un diámetro nominal de 60 mm, el cual es:

$$K_1 = \left(\frac{\pi^3 (60 \text{ mm})^3 \sin(18,82^\circ)}{4 \text{ mm}} \right) * (1 - 3 \sin^2(18,82^\circ))$$

$$K_1 = 371505,05 \text{ mm}^2 = 0,3715 \text{ m}^2$$

$$K_2 = \frac{1}{2} (\pi^2 (60 \text{ mm})^2 \cdot (4 \text{ mm}) \cdot \sin(18,82^\circ) \cdot \cos(18,82^\circ))$$

$$K_2 = 21698,45 \text{ mm}^2 = 0,0217 \text{ m}^2$$

$$W = (0,3715 \text{ m}^2) \cdot (484,424 \text{ Pa} \cdot \text{s}) \cdot (1,302 \text{ m}) \cdot \left(\frac{60 \text{ Rev}}{\text{min}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ Rev}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} \right)^2$$

$$+ (0,0217 \text{ m}^2) \cdot \left(\frac{60 \text{ Rev}}{\text{min}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ Rev}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} \right) \cdot (18000000 \text{ Pa})$$

$$W = 2463462,468 \text{ Joules}$$

$$W = \frac{2463462,468 \text{ Joules}}{1000 * 3600 \text{ seg}} = 0,68 \text{ KW}$$

La potencia necesaria para el transporte, plastificación y homogenización de la masa fundida en la zona de dosificación es de 0,7 KW, esto representa un 25% del total de la potencia del motor. (Ramos 1993)

Otra forma de calcular la potencia del motor en función de la capacidad calórica, el gradiente de temperatura entre la masa fundida y el ambiente y el flujo másico es implementando la siguiente ecuación: (Savgorodny 1973)

$$W = 32 \times 10^{-5} \cdot C_m \cdot \dot{m} \cdot (T_m - T_o)$$

$$W = 32 \times 10^{-5} * \left(2400 \frac{J}{Kg \cdot C} \right) * \left(50 \frac{Kg}{h} \right) * (210^{\circ}C - 25^{\circ}C)$$

$$W = 7104 \text{ W} = 7,104 \text{ KW} * \left(\frac{1,35 \text{ HP}}{1 \text{ KW}} \right) = 9,6 \text{ HP}$$

Esta potencia equivale al 80% de la potencia real de la máquina, debido a que se asume que el material sólo se caliente por la fricción creada y la disipación viscosa, pero en la realidad el 20% de la energía de plastificación la aporta los sistemas de calefacción o las resistencias. (Savgorodny 1973).

La potencia total necesaria para garantizar la plastificación del material será de 12 HP, incluyendo la potencia de las resistencias.

Para la selección del motorreductor que se implementará en la extrusora se debe partir de la potencia requerida y por las velocidades de rotación, la potencia para el motor de la extrusora será de 12 HP, y las velocidades rotacionales deben de estar entre 20 Rpm -100 Rpm, según estas indicaciones se requiere un motorreductor marca SEW, referencia R87DRS132MC4, (ver anexo K), el cual tiene una potencia instalada de 9,2 KW, equivalentes a 12,42 HP y una velocidad nominal de 92 Rpm.

La tabla 20 muestra los gastos aproximados para algunos materiales poliméricos por cada HP del motor de accionamiento de una unidad de plastificación monohusillo.

POTENCIA REQUERIDA PARA ALGUNOS POLÍMEROS	
Tipo de Plástico	Kg/h por HP
PVC Rígido	3,0 - 4,5
PVC Flexible	4,5 - 6,0
ABS	2,0 - 4,0
LDPE	3,0 - 4,5
HDPE	2,0 - 4,5
PP	2,0 - 4,5

Tabla 20. Potencia requerida en HP para varios polímeros. (Ramos 1993)

Se puede inferir que el material mas eficiente es el que requiere menos potencia para plastificar un flujo másico mayor, según la tabla inferior, para plastificar 50 Kg/h de PP, se requiere al menos un motor de 11,2 HP, este valor es cercano al obtenido teóricamente.

5.4. CALCULO DE LA CARGA SOBRE LOS RODAMIENTOS.

Para calcular la transmisión y la carga que soportan los rodamientos en la culata, es decir, la pieza encargada de soportar la carga axial generada por el husillo al empujar el material se debe partir del hecho de que el husillo y el barril se comportan como actuador hidráulico, la presión máxima de operación en una camisa es de 5000 psi, aproximadamente 350 bares. (Savgorodny 1973).

$$P = \frac{F}{A}$$

Asumiendo que la presión máxima será de 350 bares y que el área del husillo es igual a $A = \pi r^2$

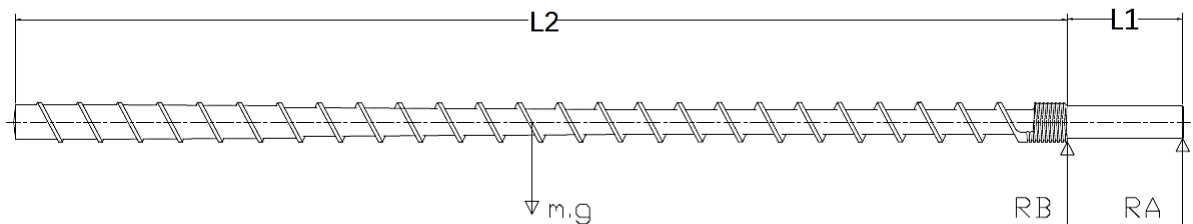
$$F_{axial} = P_{max} \cdot \text{Área transversal del husillo}$$

$$F_{axial} = 350 \text{ Bar} \cdot \frac{\pi D^2}{4}$$

$$F_{axial} = 350 \text{ Bar} \cdot \left(\frac{100 \text{ KN/m}^2}{1 \text{ Bar}} \right) \cdot \frac{\pi \left(\frac{60 \text{ mm}}{1000} \right)^2}{4}$$

$$F_{axial} = 98,96 \text{ KN}$$

La fuerza axial máxima que soportarán los rodamientos será de 100KN aproximadamente, y la carga radial se calculará teniendo en cuenta los puntos de apoyo (la ubicación de los rodamientos) y el peso del tornillo en voladizo:



Gráfica 39. Diagrama de cargas para un husillo de extrusión. (Elaboración Propia)

Análisis de fuerzas y torques que actúan sobre el husillo:

$$\sum F_y = 0$$

$$F_y = RA + RB - m \cdot g = 0$$

$$\sum M(A) = 0$$

$$RA(0) + RB(L1) - m \cdot g(L1 + L2) = 0$$

$$RB(L1) = m \cdot g(L1 + L2)$$

$$RB = \frac{m \cdot g(L1 + L2)}{L1}$$

Donde L1 es igual a 200 mm, L2 es igual a 1650 mm, la masa a calculamos con la densidad del acero y el volumen del eje (Asumiendo que tiene un diámetro constante) y la gravedad es 9,81 m/s²:

$$masa = Densidad_{acero} * Volumen$$

$$masa = 7800 \frac{Kg}{m^3} * \left(\pi \cdot \left(\frac{D^2}{4} \right) * (L1 + L2) \right)$$

$$masa = 7800 \frac{Kg}{m^3} * \left(\pi \cdot \left(\frac{\left(\frac{60}{1000} m \right)^2}{4} \right) * \left(\frac{1850}{1000} m \right) \right) = 40,8 Kg$$

Ahora, la reacción en el punto B, será igual a:

$$RB = \frac{(40,8 Kg) \cdot (9,81 m/s^2)(1,85 m)}{0,2 m} = 3629,7 N = 3,63 KN$$

La reacción en el punto A, será igual a:

$$\begin{aligned} RA &= -RB + m \cdot g \\ RA &= -(3629,7N) + (40,8 Kg) \cdot (9,81 m/s^2) \\ RA &= -3229,45 N = -3,23 KN \end{aligned}$$

El signo negativo, implica que la dirección de esta carga es opuesta. La carga de diseño para rodamientos cónicos es igual a: (SKF 2015)

$$Carga Dinámica = P = X \cdot Fr + Y \cdot Fa$$

Donde:

Fr = Fuerza radial sobre el rodamiento

Fa = Fuerza axial sobre el rodamiento

X = Factor de carga radial sobre el rodamiento

Y = Factor de carga axial sobre el rodamiento

Como la fuerza axial (100KN) es mucho mayor a la fuerza radial en ambos rodamientos (3,23KN y 3,63 KN), la ecuación anterior se puede expresar de la siguiente forma:

$$P = 0,88 * (Fa + X \cdot Fr), \quad para Fr < 0,55 Fa$$

Para el rodamiento en el punto A, se implementará un rodamiento de rodillos cilíndrico, referencia N 316 E, el cual tiene un factor de carga radial Y de 0,6, este rodamiento no soportará carga axial, debido a que el rodamiento en el punto B, será el encargado de asumir esta carga por completo, en el cual se utilizará un rodamiento cónico, referencia 31316, el cual tiene un factor de carga radial Y de 0,72. En los anexo J y K se podrá verificar esta información: (SKF 2015)

Para el cálculo de la carga dinámica en el rodamiento cónico, donde $F_r < 0,55F_a$, se tiene que:

$$\begin{aligned} P_A &= 0,88 * (F_a + X.F_r) \\ P_A &= 0,88 * (100KN + (0,72).3,23KN) \\ P_A &= 90,05 KN \end{aligned}$$

Para el cálculo de la carga dinámica en el rodamiento de rodillos cilíndricos, donde F_a es mínima, esto implica a que la carga es este rodamiento es puramente radial y se tiene que:

$$\begin{aligned} P_B &= (X.F_r) \\ P_B &= (0,6 * 3,63KN) = 2,2 KN \end{aligned}$$

Ahora se procede a calcular la nominal nominal básica para tener una confiabilidad del 90%, el cual se calcula con la ecuación:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3, \text{ donde:}$$

$P =$ es la carga dinámica que soporte el rodamiento
 $C =$ Es la carga dinámica básica

Para el rodamiento cónico, se puede calcular la vida útil o de trabajo en términos de las revoluciones, el husillo debe girar a 60 Rpm, donde : (SKF 2015)

La vida nominal del rodamiento = L_{10} (millones de revoluciones)

$$L_{10} = \left(\frac{276 KN}{90,05 KN}\right)^3 = 28,8 \text{ millones de revoluciones}$$

Ahora, para pasar esta vida nominal a horas de trabajo, se implementa la siguiente ecuación:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 * N} * L_{10} = \frac{10^6}{60 * (60 rpm)} * (28,8)$$

$$L_{10h} = 8000 \text{ horas de trabajo a 60 RPM}$$

Para el rodamiento cilíndrico, se puede calcular la vida útil con las mismas revoluciones de 60Rpm, donde :

$$L_{10} = \left(\frac{300 \text{ KN}}{2,2 \text{ KN}} \right)^3 = 2535687,5 \text{ millones de revoluciones}$$

Ahora, para pasar esta vida nominal a horas de trabajo, se implementa la siguiente ecuación:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 * N} * L_{10} = \frac{10^6}{60 * (60 \text{ rpm})} * (2535687,5)$$

$$L_{10h} = 704357626,8 \text{ horas de trabajo a 60 RPM}$$

Este valor obtenido de la vida nominal para el rodamiento cilíndrico es muy alto, esto se debe a que la carga que soporta es muy baja respecto a la carga de diseño, se decide implementar este rodamiento por su geometría (diámetro del eje, ancho y diámetro exterior del rodamiento), es decir, es necesario para poder implementar los sistemas mecánicos implementados.

5.5. CALCULO DE LA TRANSMISIÓN POR LAS POLEAS.

Para determinar las correas a implementar y conocer el tipo y el número de correas, se deberá conocer la potencia consumida por la máquina o la potencia nominal del motor, la velocidad de rotación de la polea menor, usualmente la polea transmisora o motriz es la polea con menor diámetro, la velocidad requerida para el proceso (Velocidad rotacional de la polea conducida) y la potencia efectiva, esta potencia se calcula con la siguiente ecuación: (Rexon 2001)

$$Pe = \text{Potencia efectiva} = \text{Potencia Consumida} * FS, \text{ donde:}$$

$$FS = \text{Factor de servicio de las poleas.}$$

Donde el factor de servicio depende del tipo de trabajo y las horas de operación de la extrusora, la tabla 21 ilustra los factores de servicio para poleas, suponiendo que la extrusora va a laborar unas 10 horas diarias, y el tipo de trabajo es pesado, se puede asumir que el factor de servicio para la extrusora será de 1,5. La potencia efectiva será igual a:

$$Pe = 9,2 \text{ KW} * 1,5 = 13,8 \text{ KW}.$$

Luego, se deberá calcular el tipo de correa a implementar con la gráfica 40, para esto se deberá conocer la potencia efectiva y la velocidad rotacional del husillo, el tipo de correa se haya con la intersección entre la potencia efectiva de la transmisión (eje X), con las revoluciones por minuto de la polea (eje Y). la potencia efectiva de la transmisión = es de 13,8 KW y las revoluciones por minuto de la polea menor es de 50 RPM, según estos parámetros se necesitará una polea tipo D, recalculemos la potencia efectiva para usar en vez de una polea tipo D, usar varias poleas tipo B.

CLASE DE TRABAJO	EJEMPLOS DE MÁQUINAS ACCIONADAS	TIPOS DE MÁQUINAS MOTRICES					
		Motores de Corriente Alterna con par de Arranque Normal			Motores de Corriente Alterna con par de Arranque Elevado		
		Horas de Servicio Diarias			Horas de Servicio Diarias		
		Menos de 10	De 10 a 16	Más de 16	Menos de 10	De 10 a 16	Más de 16
Ligero	Agitadores para líquidos. Aspiradores. Bombas y compresores centrífugos. Transportadores de cinta para carga ligera. Ventiladores y bombas hasta 7,5 Kw.	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Mediano	Amasadoras. Cizallas y prensas. Cribas rotativas y vibrantes. Generadores y excitatrices. Máquinas herramientas. Maquinaria para artes gráficas. Maquinaria para lavanderías. Transportadores de cinta para carga pesada. Ventiladores y bombas a partir de 7,5 Kw.	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Pesado	Ascensores. Bombas de desplazamiento positivo. Centrifugadores. Compresores de pistón. Maquinaria para labrar madera. Maquinaria para cerámicas. Maquinaria para papeleras. Maquinaria Textil. Molinos de martillos. Sierras alternativas. Elevadores de cangilones. Transportadores de Tornillo.	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6

Tabla 21. Factor de servicio para transmisiones de poleas. (Rexon 2001)

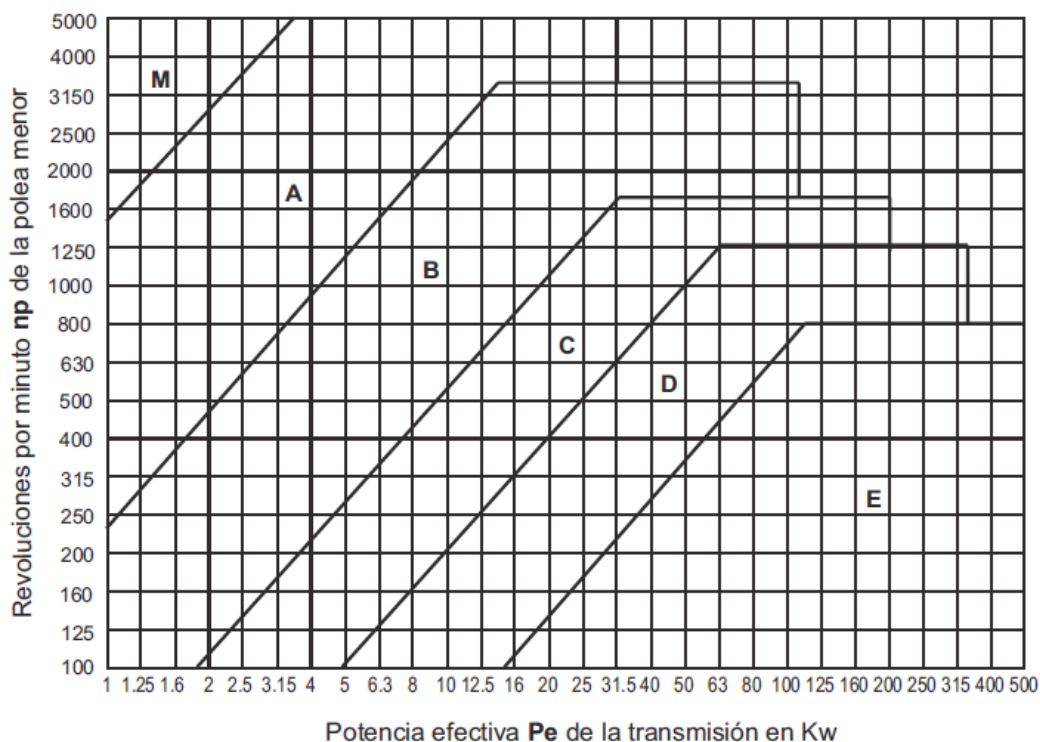


Figura 40. Elección del tipo de sección de correas. (Rexon 2001)

Para calcular el número de poleas se deberá asumir un diámetro de las poleas, partiendo de la velocidad rotacional de la polea conducida la cual es de 50 RPM, y la velocidad rotacional entregada por el motorreductor es de 92 RPM, el diámetro primitivo de la polea conducida deberá ser mayor a 200 mm, para poder montar un acople QD con el eje del husillo,

Para calcular el valor del diámetro primitivo de la polea, debemos de partir de la siguiente ecuación:

$$dpp = \text{Diámetro Exterior de la polea} - 2 * i, \quad \text{donde:}$$

$$i = \text{Factor según el tipo de polea}$$

Este factor depende del tipo de polea a implementar, y se correlaciona con el diámetro de trabajo o de transmisión de las correas, la figura 41, ilustra los factores "i" para correas tipo M, A y B.

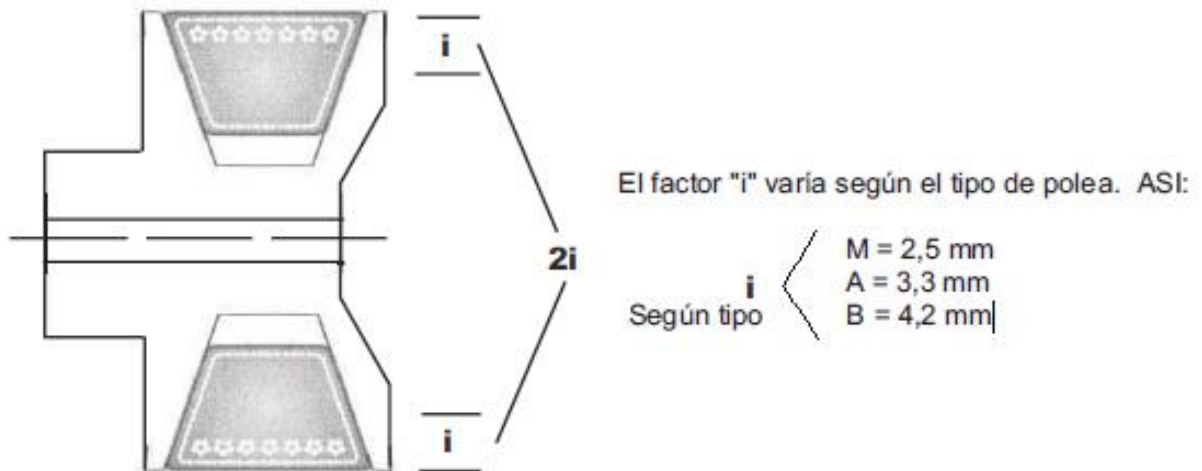


Figura 41. Factor según tipo de polea. (Rexon 2001)

las poleas comercialmente se consiguen en pulgadas según el diámetro exterior; el diámetro exterior se deberá calcular las pulgadas, dividiendo su valor por 25,4 y aproximando sus dos últimos dígitos a 0,50 o a 1,00.

$$\text{Diámetro exterior Polea Conducida} = 200 \text{ mm} * (1 \text{ in} / 25,4 \text{ mm}) = 7,87 \text{ pulgadas}$$

$$\text{Diámetro exterior Polea Conducida} = 8 \text{ pulgadas}$$

Ahora, calcularemos el diámetro primitivo de las poleas, según las velocidades requeridas y conociendo el diámetro primitivo de la polea conducida:

$$dpp \text{ Conducida} = (203,2 \text{ mm}) - 2 * (4,2) = 194,8 \text{ mm}$$

$$RPM \text{ del Eje Motriz} = \frac{RPM \text{ polea conducida} * dppc}{dppm}, \quad \text{donde:}$$

$dppc$ = Diámetro primitivo polea conducida

$dppm$ = Diámetro primitivo polea motriz

$$dppm = \frac{RPM \text{ polea conducida} * dppc}{RPM \text{ del motorreductor}}$$

$$dppm = \frac{(50 \text{ RPM}) * (194,8 \text{ mm})}{92 \text{ RPM}} = 105,86 \text{ mm}$$

$$\text{Diámetro exterior de la polea motriz} = 105,86 \text{ mm} + 2 * (4,2) = 114,26 \text{ mm}$$

$$\text{Diámetro exterior de la polea motriz} = 114,26 \text{ mm} * (1 \text{ in} / 25,4 \text{ mm})$$

$$\text{Diámetro exterior de la polea motriz} = 4,5 \text{ pulgadas}$$

Para determinar el número de correas a utilizar, es necesario conocer la potencia efectiva (Pe) en KW y la potencia que transmite cada correa tipo B. Para hacer los cálculos se debe hallar la relación de poleas, dividiendo el diámetro primitivo de la polea mayor sobre el diámetro primitivo de la polea menor.

Primero se deberá Identificar en la columna (dpp) de la tabla en el Anexo L, el valor que más se aproxime al diámetro primitivo de la polea menor es de 112 mm, ahora en los valores de la columna **R** que están frente a 112, este valor se calcula con la siguiente ecuación:

$$R = \frac{dpp \text{ Mayor}}{dpp \text{ Menor}} = \frac{8 \text{ pulgadas}}{4,5 \text{ pulgadas}} = 1,78$$

Con este valor de R se selecciona el valor más cercano 1,78 y luego se verifica en la tabla del anexo L, las RPM más cercanas al valor buscado (90Rpm) y se obtiene el valor de la potencia para cada polea, el cual se puede observar en figura 42.

dpp mm	R	Revoluciones por minuto np de											
		200	300	400	500	600	700	800	950	1000	1200	1450	
112	1,00	0,46	0,64	0,80	0,95	1,10	1,23	1,36	1,55	1,60	1,83	2,07	
	1,05	0,47	0,66	0,83	0,98	1,13	1,27	1,41	1,60	1,66	1,90	2,16	
	1,20	0,50	0,69	0,87	1,04	1,20	1,36	1,50	1,71	1,78	2,04	2,33	
	1,50	0,52	0,72	0,91	1,09	1,26	1,42	1,58	1,80	1,87	2,15	2,46	
	≥ 3,00	0,53	0,74	0,94	1,12	1,30	1,47	1,63	1,86	1,94	2,22	2,56	

Figura 42. Potencia para poleas tipo B. (Rexon 2001)

Para el cálculo del número de correas se calcula con la siguiente ecuación: (Rexon 2001)

$$\text{Número de correas} = \frac{Pe \text{ del motor}}{\text{Potencia Banda B} * (6,4 \text{ KW por correa B/5L})}$$

$$\text{Número de correas} = \frac{9,2 \text{ KW}}{0,52 \text{ KW} * (6,4)} = 2,7 \text{ Correas}$$

$$\text{Número de correas} = 3 \text{ Correas}$$

Se requieren 3 correas en V tipo B/5L para generar la transmisión y torque necesaria para que la máquina de extrusión opere correctamente a los parámetros establecidos parámetros establecidos, la tabla 22 ilustra los parámetros obtenidos del cálculo de la transmisión por poleas.

TRANSMISIÓN POR POLEAS		
ITEM	POLEA CONDUcida	POLEA MOTRÍZ
Ø Exterior (inch)	8 inch (203,2 mm)	4,5 inch (114,3 mm)
Ø Primitivo (mm)	194,5 mm	105,9 mm
Número de Correas	3	
Tipo de Correa	Correa en V, tipo B/5L	
Velocidad Rotacional (RPM)	50 RPM	92 RPM

Tabla 22. Parámetros para la transmisión por poleas para la unidad de plastificación. (Elaboración Propia).

5.6. PARÁMETROS PARA LA UNIDAD DE POST-EXTRUSION DE TUBERIA.

Usualmente para la fabricación y procesamiento de tuberías de uso domiciliario e industrial es común recurrir a PVC como materia prima, aunque la tubería de polietileno de alta densidad (Alto impacto) y de polipropileno son cada vez más habituales.

El cabezal es el elemento que permite darle una preforma al producto, pero para asegurar las medidas finales de la tubería es necesario implementar un calibrador también conocido como “sizing die”, este es un cilindro hueco enfriado con agua, cuyo diámetro interno es igual al diámetro externo de la tubería, el cual por medio de vacío o por presión de aire garantiza la exactitud del diámetro nominal del producto final. (Ramos 1993)

La presión de vacío que se genera en el diámetro externo de la tubería permite que el material aun flexible y moldeable se adapte al diámetro interno del calibrador, el calibrador se fabrica con una camisa en inoxidable con varias perforaciones u orificios a lo largo de la superficie interna del calibrador. (Ramos 1993)

Tubos Eléctricos PVC	Diametro Nominal	Diametro Exterior (medidas en mm)	Espesor Minimo (medidas en mm)
Conduit Tipo Liviano	1/2"	21,34	1,52
	3/4"	26,67	1,52
	1"	33,4	1,52
	1 1/2"	48,26	2,03
	2"	60,32	2,54
Conduit Tipo Pesado	1/2"	21,34	2,77
	3/4"	26,67	2,87
	1"	33,4	3,38
	1 1/2"	48,26	3,68
	2"	60,32	3,91

Tabla 23. Dimensiones comerciales para tubería eléctrica. (Elaboración Propia)

En la tabla 23 se pueden apreciar diferentes dimensiones y medidas para tuberías de PVC, tanto liviano como pesado; y la figura 43 ilustra un calibrador para procesar tuberías y mangueras.

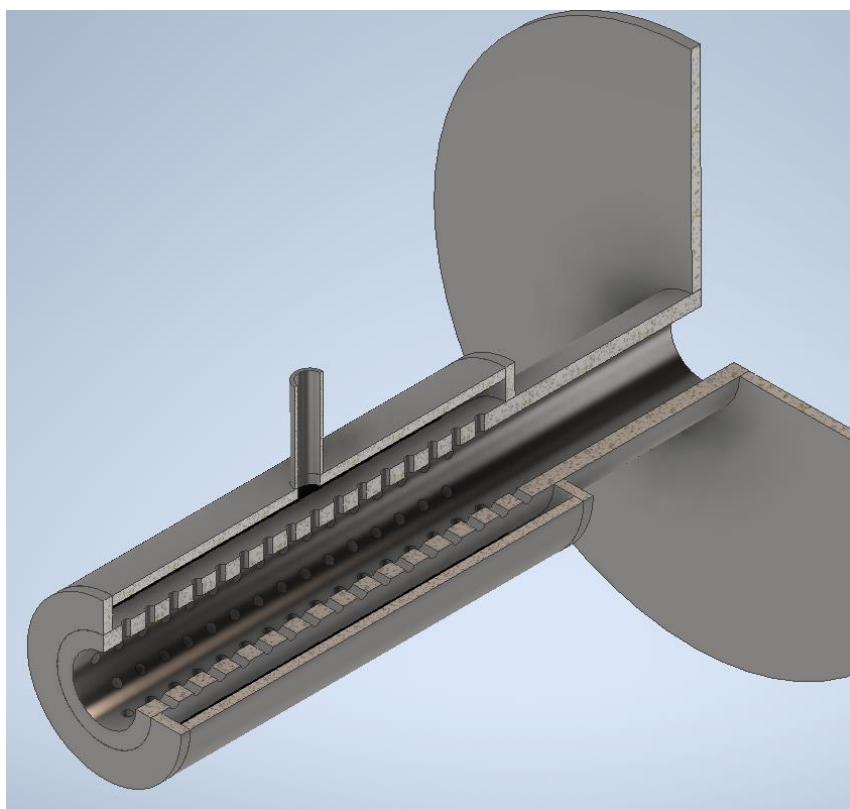


Figura 43. Calibrador para tubería y manguera. (Elaboración Propia)

La presión de vacío se dedujo experimentalmente, la cual puede oscilar entre 10 a 20 cmHg (centímetros de mercurio), esta presión se evidencia en la figura 44(A), donde se puede evidenciar la presión de vacío en el manómetro para una tubería de PVC, el vacío se logra gracias a una bomba de 2 HP de potencia marca Pedrollo, esta bomba tiene una boquilla tipo Venturi la cual permite generar una succión o presión negativa, esta presión se regula con unas válvulas y llaves para disminuir el flujo de agua y la presión, ver figura 44(B).

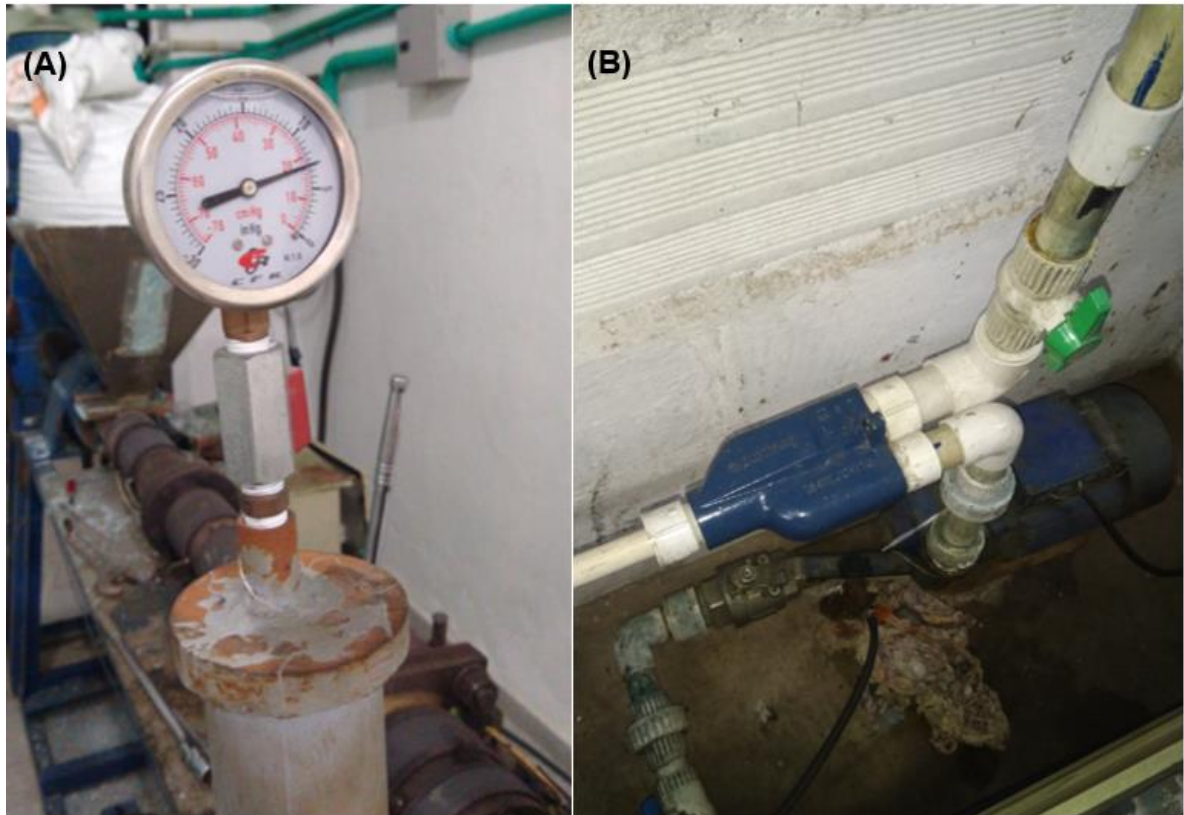


Figura 44. Manómetro y bomba de vacío para procesos de extrusión de tuberías.
(Elaboración propia)

Luego del proceso de calibración es necesario un proceso de enfriamiento, el cual posee un sistema motriz que hala el tubo extruido, es decir, tira del perfil o del tubo para extraerlo de la línea de extrusión; este halado normalmente se genera por medio de una calandra, la cual aplica una tensión y un estiraje constante al material para mantener la productividad de la máquina, el calandrado o estiraje garantiza el espesor del producto final; para obtener un tubo con menor peso o menor espesor, se deberá aumentar la relación de estiraje, esta relación depende de la velocidad de salida del material en el cabezal y la velocidad tangencial del halador o la calandra. El enfriamiento elimina el calor que la tubería conserva a la salida cabezal y del calibrador y el enfriamiento permite mantener y garantizar las dimensiones del tubo. (Ramos 1993)

El sistema de halado o calandrado se encuentra posterior a la unidad de enfriamiento, esto se debe a que el tubo debe estar a temperatura ambiente antes de ser calandrado para evitar deformaciones en el producto final debido a las presiones que se ejercen al diámetro exterior del tubo, la unidad de enfriamiento es un tanque lleno de agua, en el cual el tubo permanece completamente sumergido para que el enfriamiento sea homogéneo, la figura 45 ilustra una tanque de enfriamiento para tuberías, los planos de este sistema de enfriamiento se pueden ver en el Anexo D (Ramos 1993).

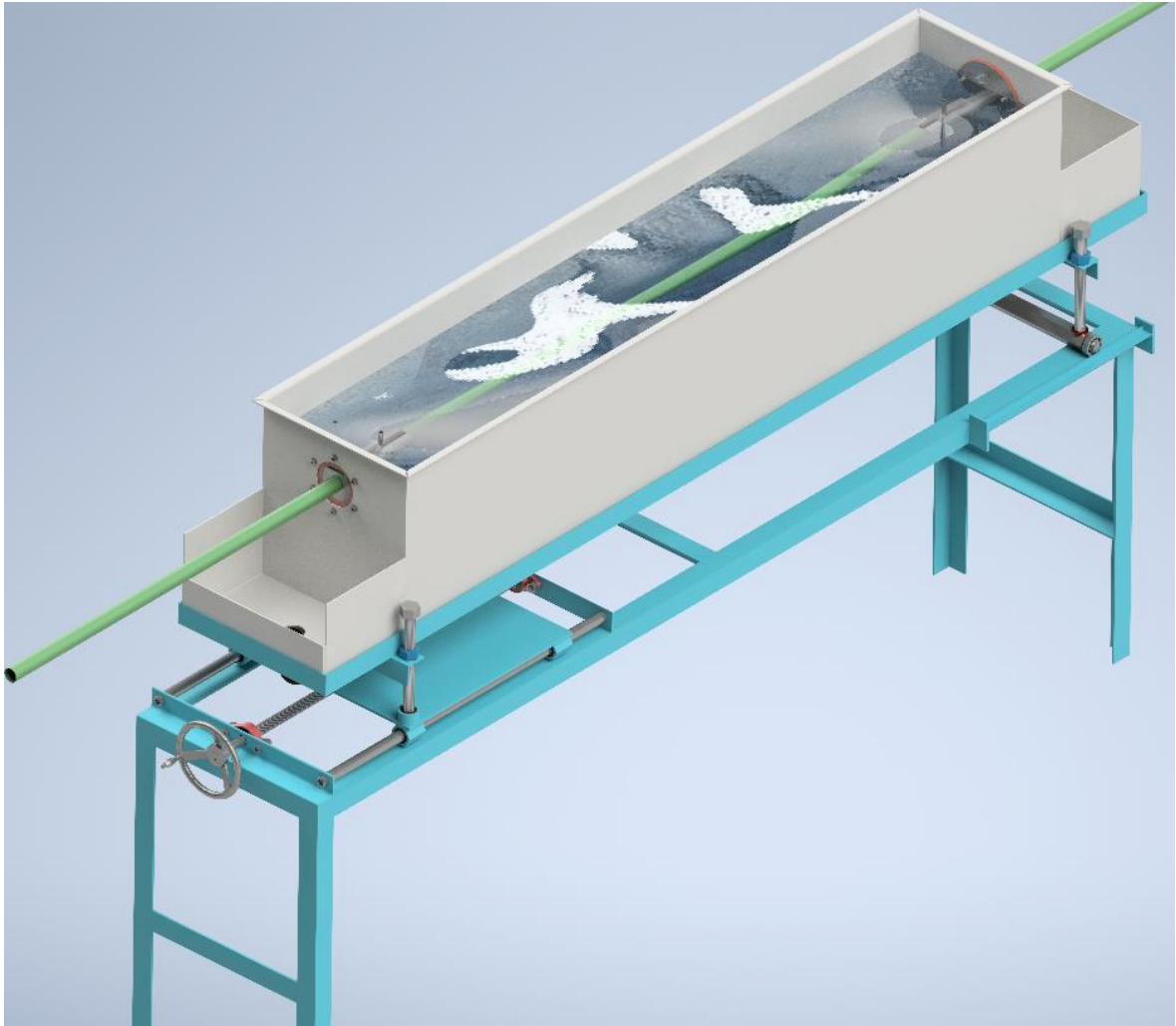


Figura 45. Tanque de enfriamiento para extrusión de tubería. (Elaboración Propia)

El sistema de halado usualmente se puede componer de un par de rodillos (calandras) y por medio de bandas, la figura 46 ilustra un sistema de halado para tuberías, los planos de este halador se pueden ver en el Anexo E.



Figura 46. Unidad de calandrado o halado. (Elaboración Propia)

Posteriormente se debe tener un sistema de corte y de marcación, el sistema de corte es usualmente por medio de una guillotina, especialmente para tuberías con diámetros pequeños, para el sistema de marcación de las tuberías se implementan sistemas de marcado por chorro de tinta, marcadoras láser y marcadoras tipo flexográficas, estas últimas son las más implementadas industrialmente debido a sus bajos costos de fabricación, la figura 47 ilustra una marcadora para tubería y mangueras, los planos para la fabricación de esta marcadora se pueden ver el Anexo F.

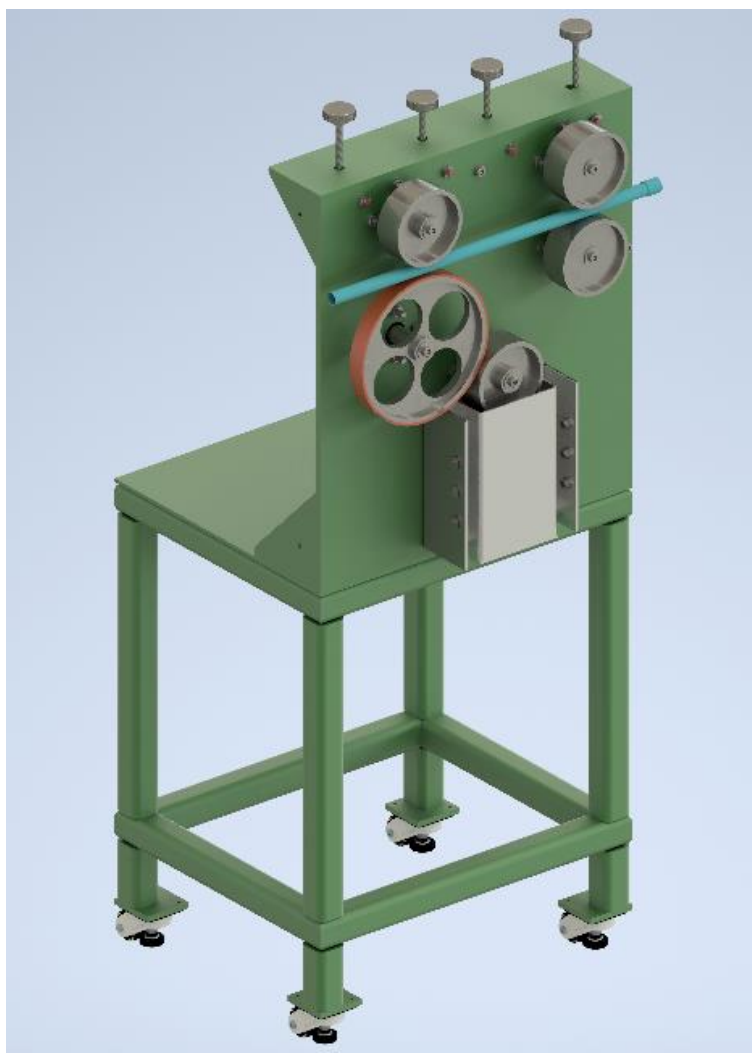


Figura 47. Unidad de marcación para tuberías. (Elaboración Propia)

Las velocidades de procesamiento para poliolefinas y para el PVC son muy similares, la mayor discrepancia en la fabricación de tuberías en PP y HDPE respecto al PVC son los perfiles de temperaturas, para polipropilenos y polietilenos recuperados las temperaturas de procesamiento se encuentran entre 200 hasta 240°, mientras que los perfiles de temperaturas del PVC se encuentran entre 120 hasta 170 °C, la figura 48 ilustra un ensayo de calorimetría diferencial de barrido (DSC) para un PVC recuperado de envases de cosméticos, El ensayo por DSC que se realizó en el ICIPC se caracterizó por medio de un equipo MDSC Q200, de TA Instruments y por medio de una Balanza Analítica Mettler MS 105DU, el cual se encuentra ubicado en el laboratorio de materiales del ICIPC.

En el gráfico se puede observar que la temperatura de transición vítrea es alrededor de 120°C, para este material se deben de mantener temperaturas de procesamiento muy cercanas a este valor para evitar degradaciones del material.

Sample: DSC- PVC Daniel 2
Size: 12.6000 mg

DSC

File: C:\...\DSC- PVC Daniel 2.001

Run Date: 19-Jun-2019 11:17
Instrument: DSC Q200 V24.11 Build 124

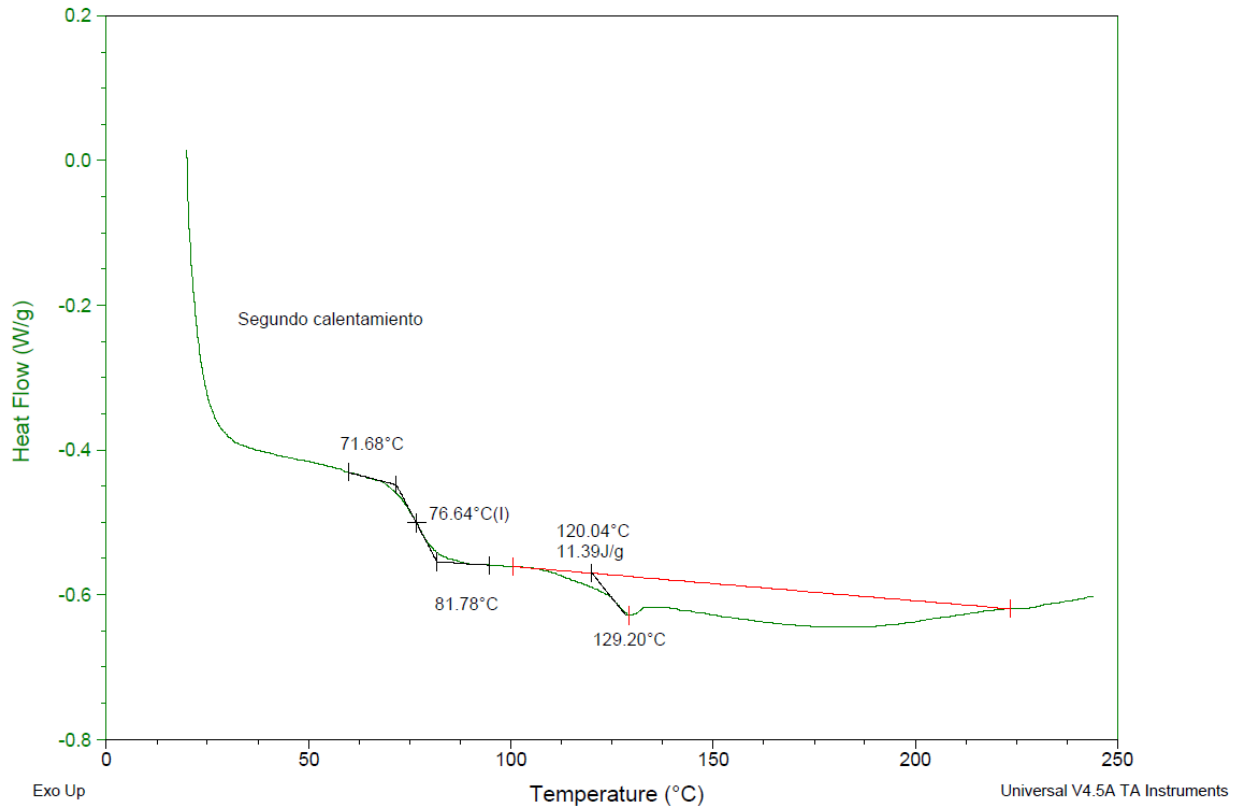


Figura 48. DSC para muestras de PVC recuperado. (ICIPC)

5.7. CALCULO DEL FLUJO VOLUMETRICO EN CABEZALES DE TUBERÍA.

El término de flujo rotacional volumétrico depende de varios parámetros geométricos de la y velocidad de rotacional del husillo. Como la mayoría de las velocidades de extrusión se miden en masa por unidad de tiempo. Donde el flujo volumétrico se calcula con la siguiente ecuación: (Giles, Wagner, y Mount 2014)

$$Q_{\text{cabezal}} = K \left(\frac{\Delta P}{\eta} \right) = \frac{Cm \cdot h^3}{12L} \left(\frac{\Delta P}{\eta} \right), \text{ donde:}$$

$$Cm = 2\pi(R_{\text{int}} + R_{\text{ext}})$$

Para el cálculo del flujo volumétrico del cabezal o dado se requiere conocer las dimensiones de salida del cabezal, la figura 48 ilustra las dimensiones del cabezal para tubería diseñado.

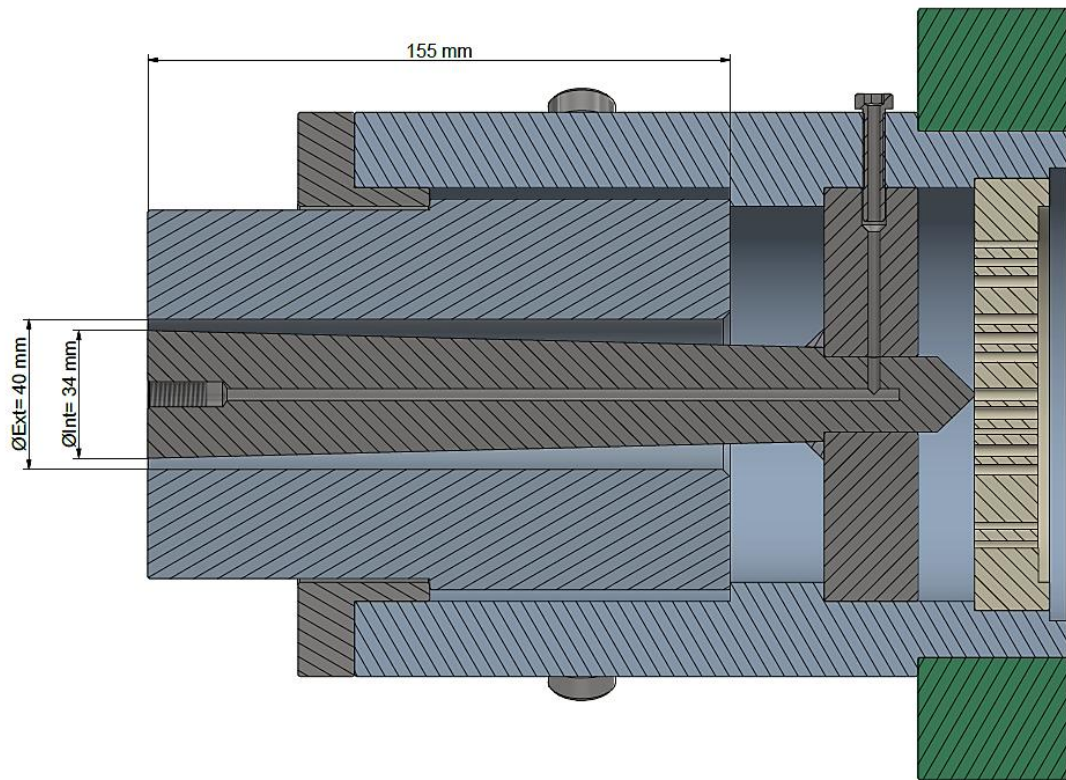


Figura 49. Dimensiones del cabezal para tubería. (Elaboración Propia)

La longitud L del dado es de 155 mm, el diámetro exterior es de 40 mm y el interior es de 34 mm, el GAP o espesor a la salida del cabezal es de 3 mm, la viscosidad para el PP es de 484.424 Pa.s, el cálculo para el flujo volumétrico en el cabezal es igual a: (Giles, Wagner, y Mount 2014)

$$Q_{\text{cabezal}} = K \left(\frac{\Delta P}{\eta} \right) = \frac{2\pi(0.02 \text{ m} - 0.017 \text{ m}) \cdot (0.003 \text{ mm})^3}{12 * (0.015 \text{ m})} \left(\frac{\Delta P}{484.424 \text{ Pa.s}} \right)$$

$$Q_{\text{cabezal}} = 5.64 \times 10^{-13} (\Delta P) \frac{(m)^3}{s}$$

El flujo volumétrico del cabezal será igual al flujo volumétrico de la extrusora, para calcular este flujo se debe de conocer la densidad del material fundido igual a 759,867 Kg/m³ y el flujo másico entregado por la extrusora es de 50 kg/h.

Para calcular el flujo volumétrico rotacional entregado por la extrusora se debe de implementar la siguiente ecuación: (Giles, Wagner, y Mount 2014)

$$\text{El flujo másico} = \dot{m} = \frac{m}{t}$$

$$\begin{aligned} \text{La densidad del fundido} &= \rho = \frac{m}{Vol} \\ t \cdot \dot{m} &= m = \rho \cdot Vol \\ \frac{\dot{m}}{\rho} &= \frac{Vol}{t} = \text{Flijo volumetrico entregado} \end{aligned}$$

Ahora para el cálculo del flujo volumétrico será igual a:

$$Q = \frac{50 \text{ kg/h}}{759.867 \text{ kg/m}^3} * \left(\frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ s}} \right) = 0.00001828 \frac{(m)^3}{s}$$

Despejando el diferencial de presión, se tiene q:

$$(\Delta P) = \frac{0.00001828}{5.64 \times 10^{-13}} = 32359560.34 \text{ Pa} = 323.6 \text{ bares}$$

De los cálculos de la zona de dosificación y plastificación se asumieron presiones de aproximadamente 180 Bares, esta medida es común en procesos de fabricación para tubería, madera plástica y para la producción de cordeles y sogas en polipropilenos.

5.8. RECICLADO Y PROCESAMIENTO DE PLASTICOS EN MEDELLÍN Y EN EL VALLE DE ABURRÁ.

En la actualidad, Cada habitante de la ciudad de Medellín produce medio kilogramo de desechos sólidos diarios, lo que equivale a más de 45.000 toneladas de desechos al mes, muchos de estos desechos son materiales plásticos que pueden ser recuperados y reciclados para minimizar los desperdicios y generar alternativas económicas en la ciudad. (Galvis 2014)

La industria en la ciudad de Medellín y en el Valle de Aburrá ha evolucionado tanto en los procesos de recuperación como en los procesos de transformación del material recuperado, permitiendo un proceso más limpio, económico y con la posibilidad de implementarse para cualquier tipo de maquinaria, tanto en procesos de inyección, extrusión, termoformado, soplado, entre otros.

Actualmente la consecución de material plástico recuperado en la ciudad es compleja, debido a la gran demanda de materias primas que la industria requiere, un ejemplo de esto, es en la consecución de poliolefinas y PET, los cuales son los materiales más comúnmente reciclados y se usan en un amplio rango de productos, sin embargo, adquirir PVC rígido para procesos de transformación es más sencillo, porque no muchas empresas trabajan con este material. A continuación, se

presentan algunas empresas del Valle de Aburra que comercializan material recuperado plástico o polimérico y los precios de compra:

RAZÓN SOCIAL	UBICACIÓN	MATERIA PRIMA	PRECIOS PROMEDIOS (\$/KG)
Airrigar	Medellín	PE (aglutinado o bolsa)	\$1.700
Plásticos ambientales	Sabaneta	PE (bolsas)	\$1.000
Mundiplast	Itagüí	PP Peletizado oscuro (\$2.250) PP Peletizado claro (\$2.500)	\$2.250 - \$2.500
Separaplas	Medellín	PP Molido Limpio	Variable
Ingepol	Sabaneta	PP Aglutinado bolsas	\$1.250
Plasti Z	Bello	PP molido por color Limpio	\$1.800
Colplast	La estrella	PP molido por color Limpio	\$1.850
Comayca	Medellín	PP molido por color Limpio	\$1.800
Bioplast	Itagüí	PP Vasos y cubierto Desechables, molido sucio	\$1.600 blanco \$1.900 natural
Bioplast	Itagüí	PET Molido Sucio Tapas Molidas Sucias	\$1.400
Proplanet	La Estrella	Tetra Pak	\$410
Plásticas HM	Medellín	Agglutinado de Costales, Tapas y PP de etiquetas de botellas	Variable
Plasteco	Medellín	PE	\$600
B- Plast	Medellín	PET Molido Sucio	\$1.410

Tabla 24. Empresas comercializadoras de plástico reciclado. (Elaboración Propia)

Estas empresas transforman el material polimérico para ser peletizado y posteriormente transformado en productos comerciales. Se debe tener en cuenta que los precios de muchos de estos materiales pueden variar dependiendo de la demanda del polímero.

CAPÍTULO 6.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones y recomendaciones se realizan en base a los estudios realizados, y los resultados obtenidos en el desarrollo de este proyecto.

6.1. CONCLUSIONES

El plástico es necesario y fundamental para un desarrollo sostenible, Sin embargo, es nuestra responsabilidad como usuarios, fabricantes, distribuidores y procesadores del plástico, velar por su adecuado cierre de ciclo de vida.

Además del hecho de que reciclar permite mitigar el impacto ambiental que generan los desechos sólidos, el proceso de recuperación de materiales plásticos se convierte en un modelo económico sostenible.

Los productos creados o fabricados a partir de materiales recuperados pierden propiedades si se comparan con materiales vírgenes, los materiales reciclables deben de ser competitivos frente a la resina virgen en productos de bajas especificaciones técnicas.

La cantidad total de toneladas de residuos plásticos que se utilizan para la fabricación de productos a base de materiales plásticos es de 1'400.000 toneladas, que posiblemente irán a parar a los rellenos sanitarios al año.

El diseño de la maquina extrusora, se hizo a partir del estudio reológico para un Polipropileno con una producción de 50 kg/h, este diseño se desarrolla utilizando el modelo de plastificación de Tadmor por remoción de fundido para calcular las dimensiones del husillo, la longitud de las zonas de la extrusora, perfil de temperaturas y velocidades.

La potencia requerida para la extrusora monohusillo diseñada es de 12 HP, de los cuales 10 HP es la potencia para el motor de accionamiento y los 2 HP faltantes son aportados con energía térmica, gracias a las resistencias calefactoras.

El sistema de potencia y transmisión se calculan para garantizar la operatividad de la máquina, para la transmisión por poleas se requieren poleas de canales tipo B, la relación de velocidades de las poleas es de 1,7; esta relación es necesaria para garantizar la velocidad rotacional de operación.

Se selecciona un motorreductor marca SEW de 9,2 KW para la unidad de plastificación; si bien se podía seleccionar un servomotor con las características

requeridas, no se optó por los costos de adquirir un servomotor, los cuales pueden duplicar el valor del motorreductor.

Hay muchas barreras e inconvenientes a la hora de recuperar o reciclar el PVC, una de ellas se debe a las dificultades de procesamiento del material, este material tiene muy baja estabilidad térmica, y tiende a degradarse y a producir ácido clorhídrico, el cual es un gas nocivo para la salud, por este motivo se deberá tener precaución con el perfil de temperaturas y con la velocidad rotacional.

6.2. RECOMENDACIONES

Para conseguir una calidad de la producción óptima se debe garantizar que la materia prima este libres de contaminantes, al implementar materiales recuperados reciclados es necesario el uso de mallas filtros, los cuales se deberán cambiar a diario para evitar taponamientos y pérdidas en la producción.

Se deberá garantizar un flujo constante de materia prima en las tolvas de alimentación para una correcta operación, los tiempos improductivos son un gasto para la empresa debido a la cantidad de energía que se necesita para la operación de las extrusoras y no se obtendrá la producción planteada, en un día laboral de 10 horas, se pueden alcanzar a procesar 1500 tubos de PVC rígido de 3 metros de longitud.

Para un buen funcionamiento de la maquina extrusora, es necesario que el cilindro alcance una temperatura inferior de 180 °C, esto garantiza una perfecta homogenización y fusión de los materiales, que se relacionan con la calidad de los perfiles y tubos extruidos.

Al final del día laboral, se deberá garantizar que la extrusora quede sin material en el interior del cilindro, esto para evitar degradar el material en la puesta en marcha al día siguiente, esta degradación genera HCL, el cual es un gas nocivo para la salud de los operarios, además del hecho de oxidar el husillo, el cilindro y demás componentes mecánicos.

La distancia entre el sistema de refrigeración, (el calibrador y el tanque) y el cabezal es de gran importancia para poder garantizar la forma y las especificaciones del tubo en la producción, el calibrador garantiza el diámetro exterior del tubo, mientras que la velocidad de halado garantiza el espesor y el peso.

Para evitar porosidades y burbujas en el producto final, se debe garantizar que el material este sin humedad, es necesario precalentar el material recuperado antes de ingresar lo a la extrusora, las temperaturas de secado deben estar entre 60 y 80°C.

Para evitar colapso en las paredes del tubo en el proceso de halado o calandrado, el sistema de refrigeración debe llevar un sistema de riego sobre el tuve extruido antes de ingresar al calibrador.

El calibrador debe mantener se lo mas refrigerado posible, esto permite evitar colapsos en las paredes del tubo y el sistema de vacío no debe sobrepasar los 20 cmHg; ya que esto puede ocasionar que el tubo extruido se fije en el calibrador lo que conllevaría a paros de producción.

6.3. BIBLIOGRAFÍA.

- Alvarez, Clemente. 2010. “¿Cuántas veces se puede reciclar?” *El Pais*, 2010.
- Beltrán, Maribel, y Antonio Marcilla. 2012. *Tecnología de polímeros, procesado y propiedades*.
- Bornacelli, Jimmy, Paula Andrea Gutierrez, y Juan Carlos Otero. 2008. “Metodología para el diseño de tornillos de máquinas extrusoras monohusillo”. Universidad Autonoma de Occidente.
- Cárdenas, Ana, Nicolas Martignon, Luis Prieto, Ricardo Vivas, y Paula Ocampo. 2018. “Plásticos en Colombia 2017-2018”. *Acoplásticos*.
- Galvis, Nataly. 2014. “CARACTERIZACIÓN DEL POLIPROPILENO RECICLADO DISPONIBLE A PARTIR DE TAPAS, PARA REINCORPORARLO EN PROCESOS PRODUCTIVOS, MEZCLADO CON POLIPROPILENO VIRGEN”. Universidad Eafit.
- Giles, Harold, John Wagner, y Eldridge Mount. 2014. *Extrusion, the definitive processing guide and handbook*.
- Hernández, Alexander. 2018. “Reciclaje de materiales plásticos”.
- “Ley 223 de 1995”. 1995.
- “Ley 778 de 2002”. 2002.
- Mantia, Francesco La. 2002. *Handbook of Plastics Recycling*.
- Martignon, Nicolas, Tatiana Feged, Maria Ortega, y Jenny Bohorquez. 2017. “Directorio colombiano de reciclaje de residuos plásticos”. *Acoplásticos*.
- Newell, James. 2011. *Ciencia de los Materiales, Aplicaciones en ingeniería*.
- Noriega, Maria del Pilar, y Omar Augusto Estrada. 2017. “Diseños de husillos de extrusión monohusillos”. En .
- Osswald, Tim A, y Enrique Giménez. 2008. *Procesado de polímeros*.
- Osswald, Tim A, y Georg Menges. 2012. *Material science of polymers for engineers*.
- Ramos, Luis Francisco. 1993. *Extrusión de plásticos, Principios básicos*.

Rexon. 2001. *Cálculo de transmisiones por medio de poleas*.

Savgorodny, V.K. 1973. *Transformación de plasticos*.

SKF. 2015. *Catálogo de rodamientos SKF*.

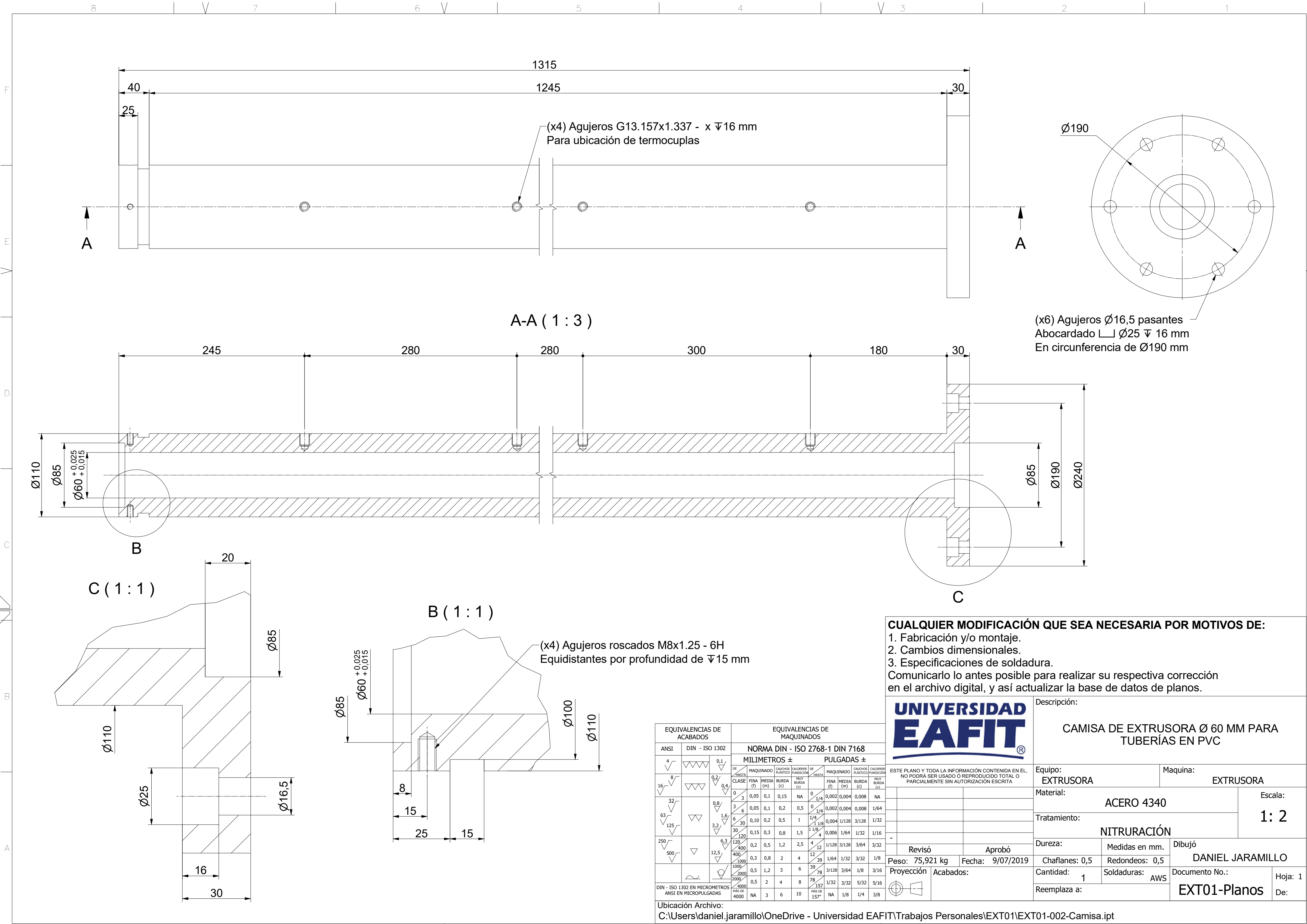
Tadmor, Zehev, y Costas Gogos. 2006. *Principles of polymer processing*.

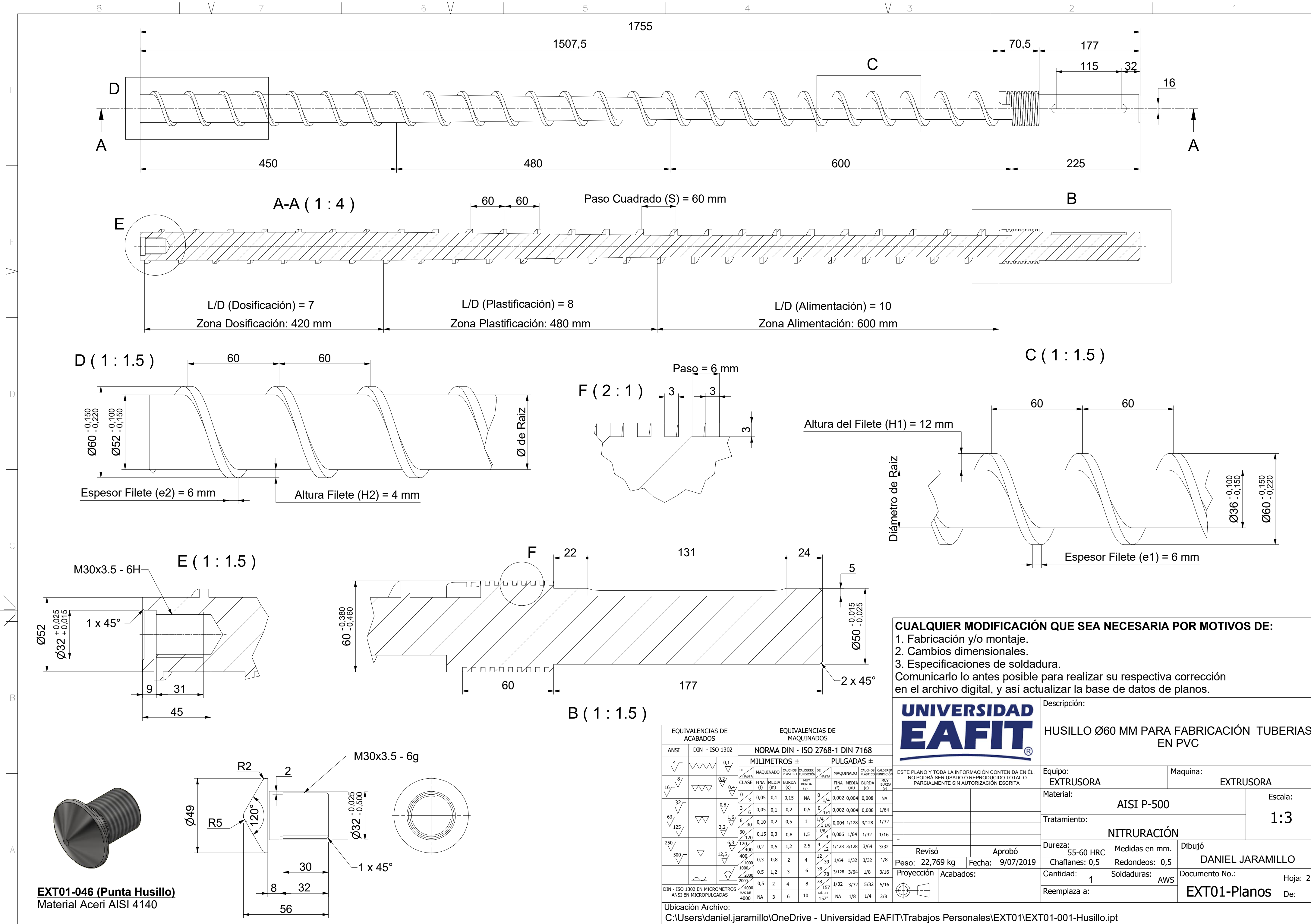
Testo, (2020). <https://www.testo.com/>. [online] Available at: <https://static-int.testo.com/media/bd/b7/179e2db5dca8/Emissivity-table-ES.pdf>

ANEXO A

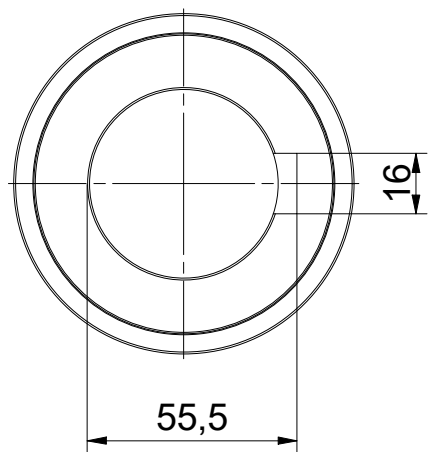
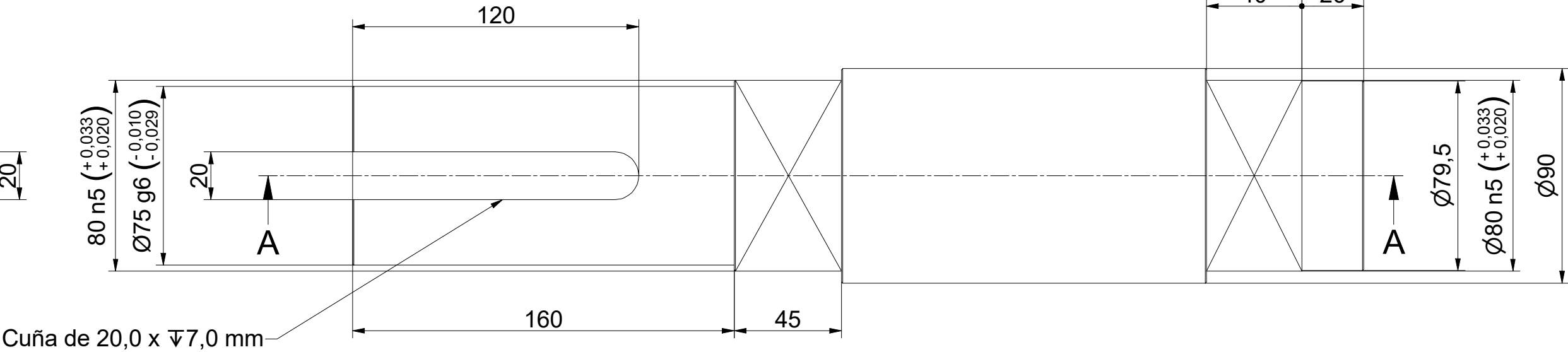
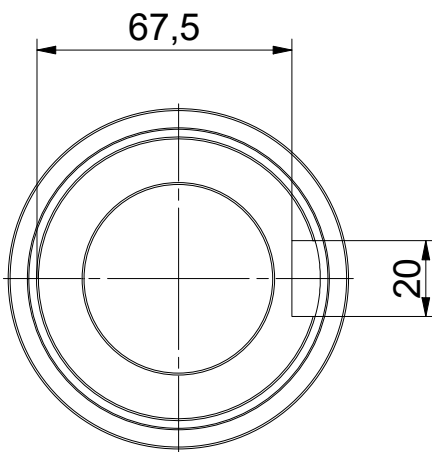
PLANOS PARA LA FABRICACIÓN Y MONTAJE DE LA EXTRUSORA DE PLASTIFICACIÓN.



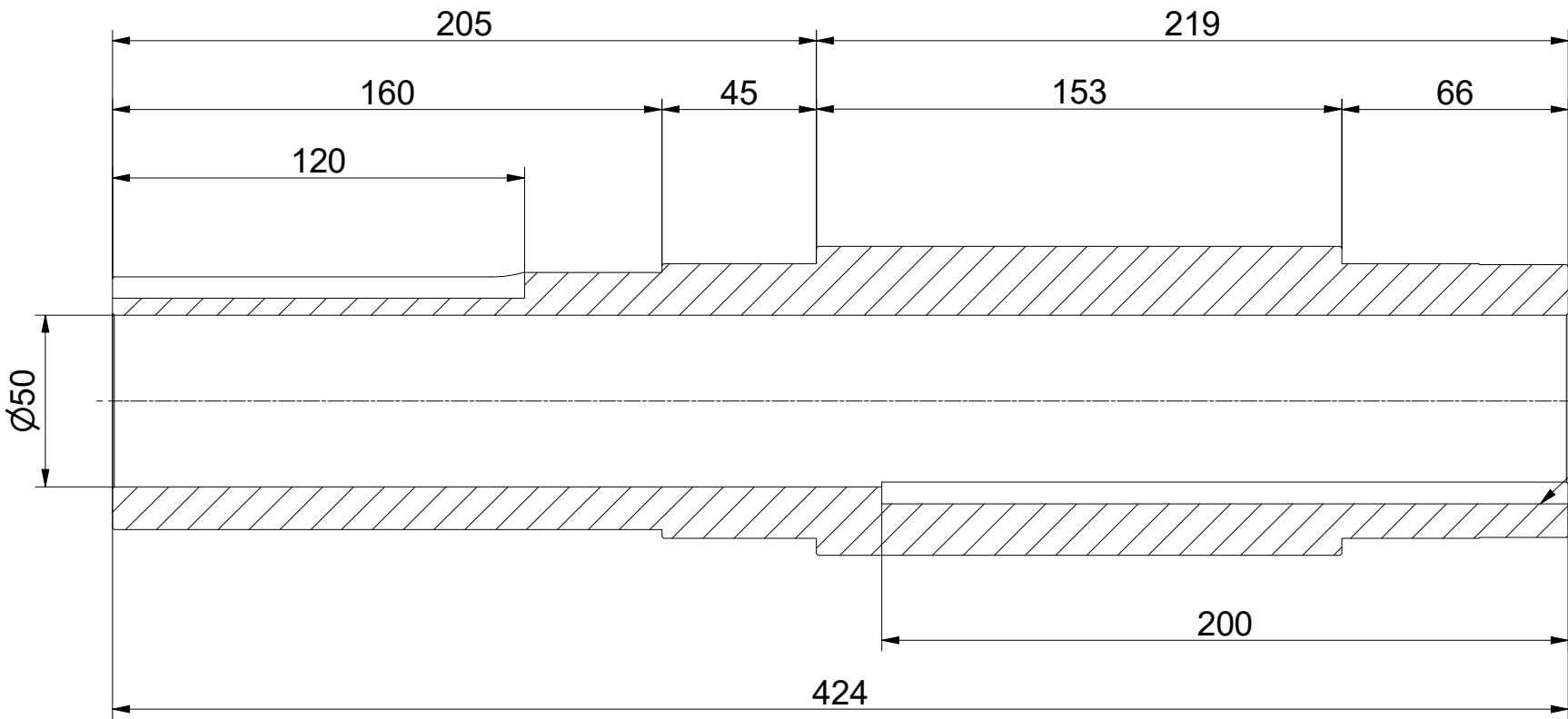
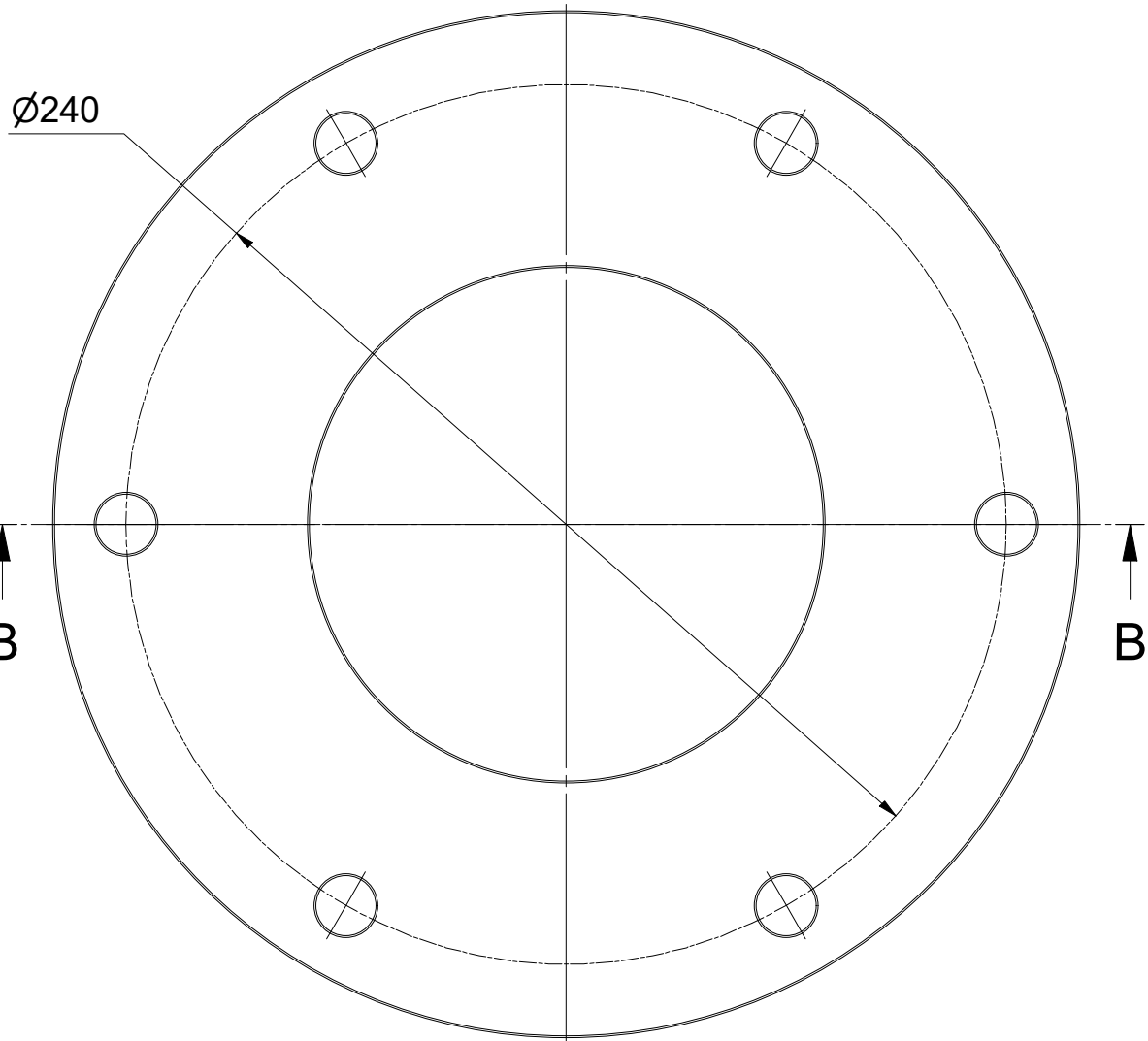




EXT01-042- Eje Culata Extrusora



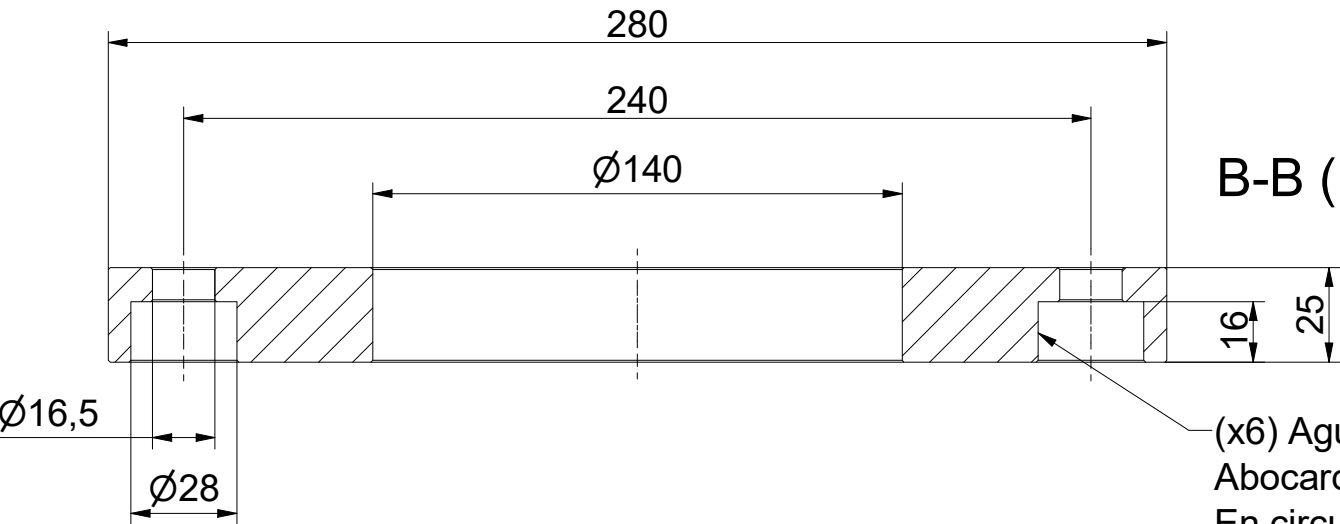
EXT01-043-Tapa Culata Extrusora




Cuña de 16,0 x 7,0 mm

A-A (1 : 2)

B-B (1 : 2)



(x6) Agujeros Ø16,5 mm pasantes
Abocardado  Ø28 x 16 mm
En circunferencia de Ø240 mm

CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:

1. Fabricación y/o montaje.
2. Cambios dimensionales.
3. Especificaciones de soldadura.

Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.



ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL, NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA

- D.W.J.D. Revisó

Peso: 8,505 kg

Fecha: 9/07/2019

Proyección

Acabados:

Ubicación Archivo:

C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\EXT01\EXT01-043- Tapa Culata Extrusora.ipt

Descripción:			
TAPA Y EJE PARA CULATA EXTRUSORA TUBERIA DE PVC			
Equipo: EXTRUSORA		Maquina: EXTRUSORA	
Material: ACERO AISI 4140		Escala: 1:2	
Tratamiento:		Dureza:	
Medidas en mm.		Dibujó D.W.J.D.	
Chaflandes: 0,5		Redondeos: 0,5	
Cantidad: 1		Soldaduras: AWS	
Reemplaza a:		Documento No.: EXT01-Planos	
		Hoja: 4 De:	

F

E

V

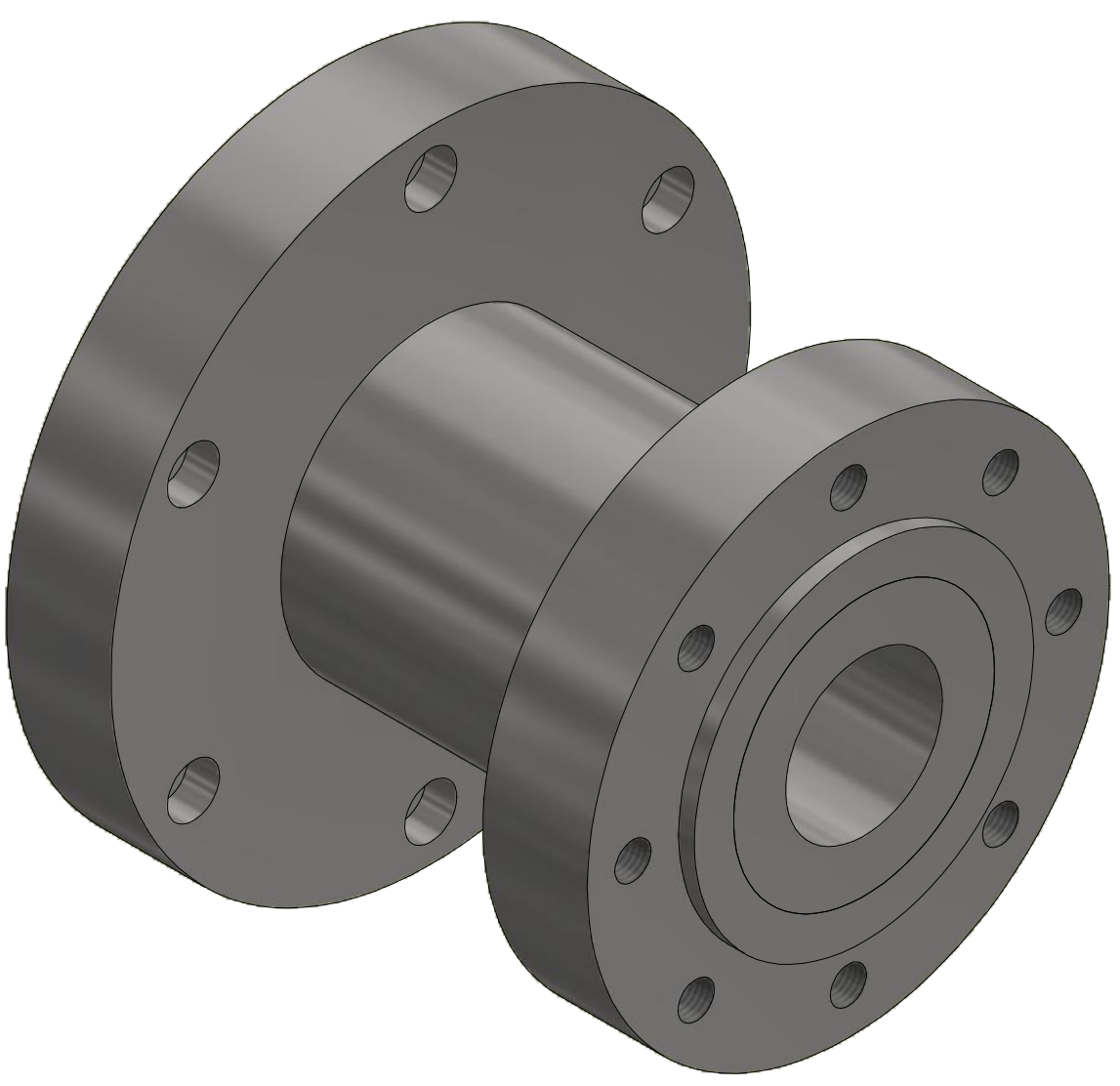
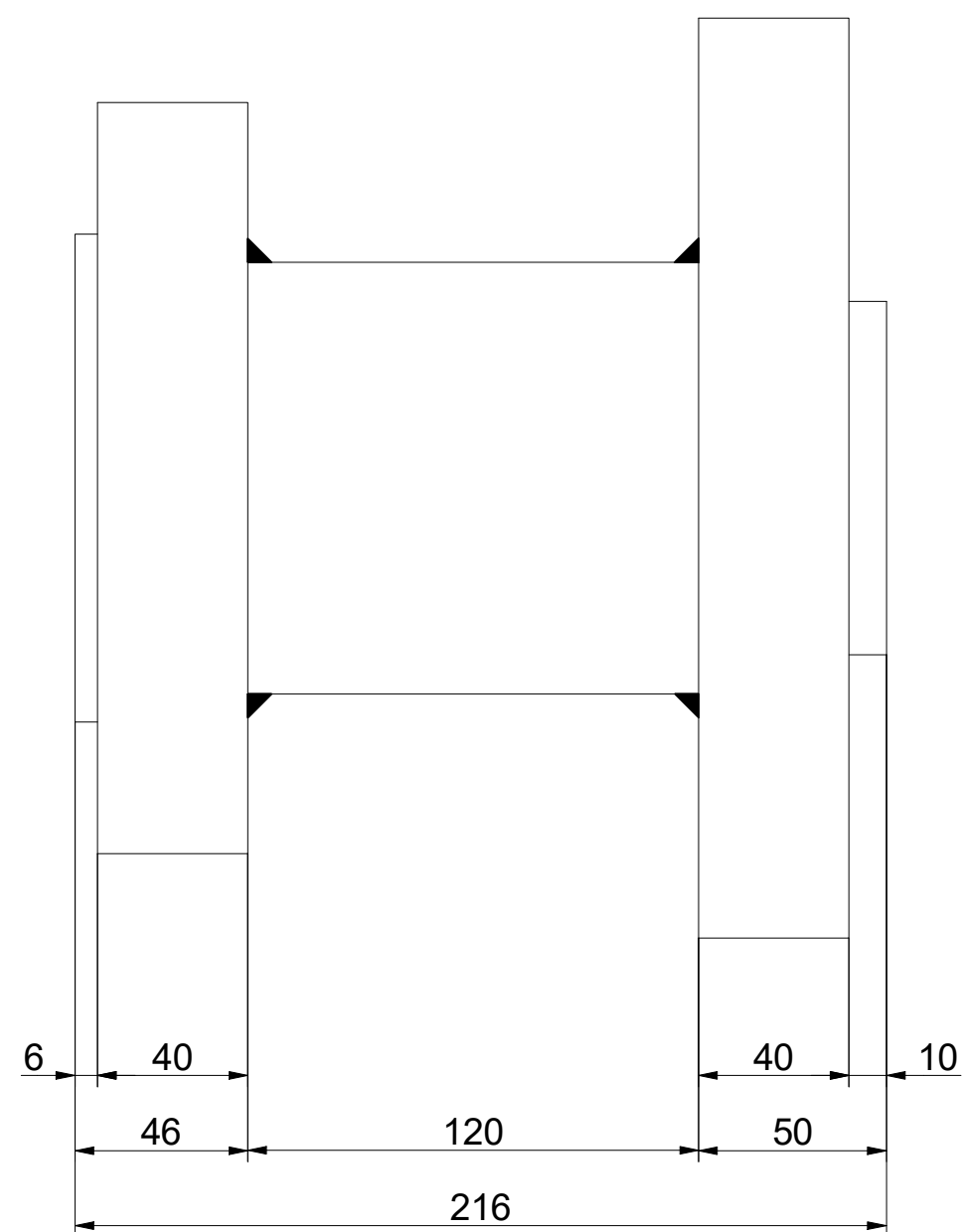
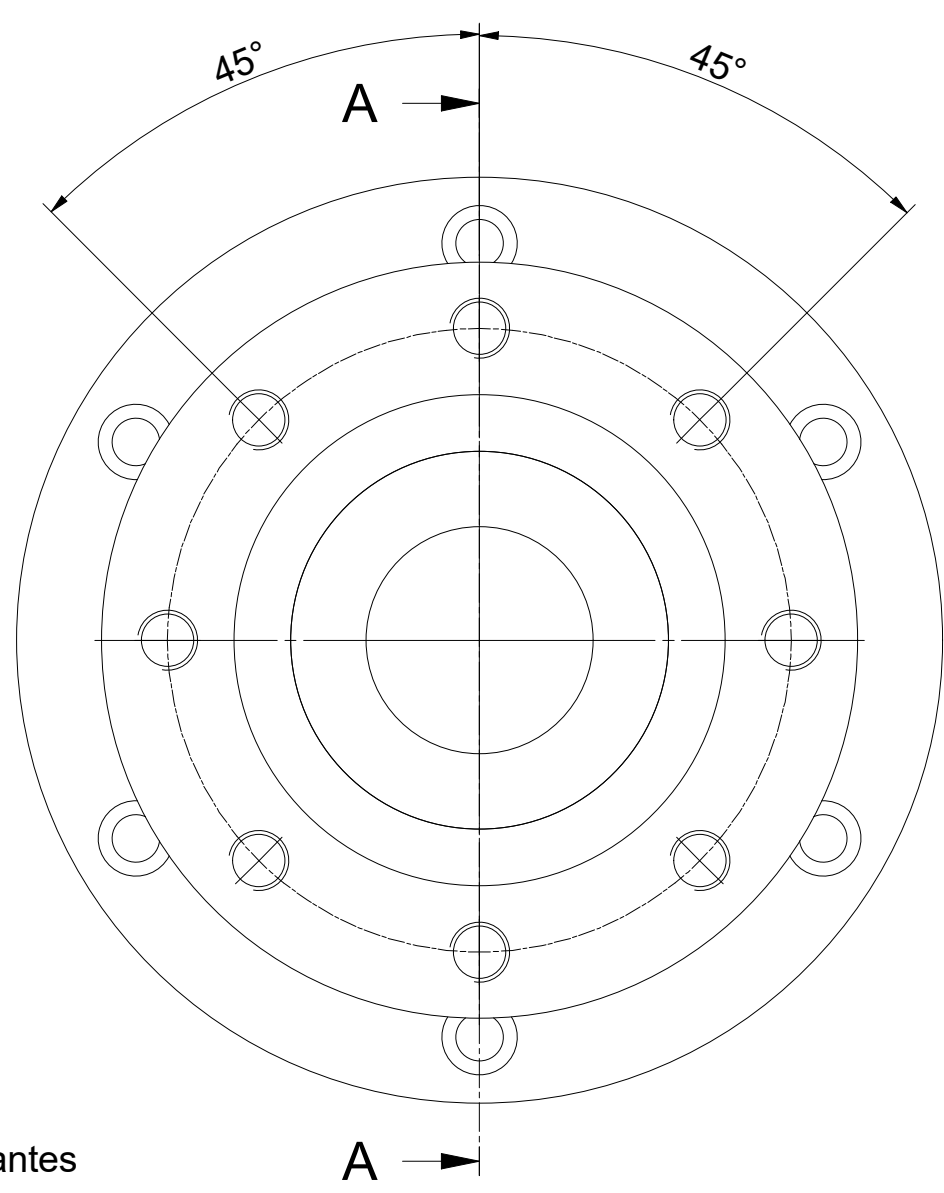
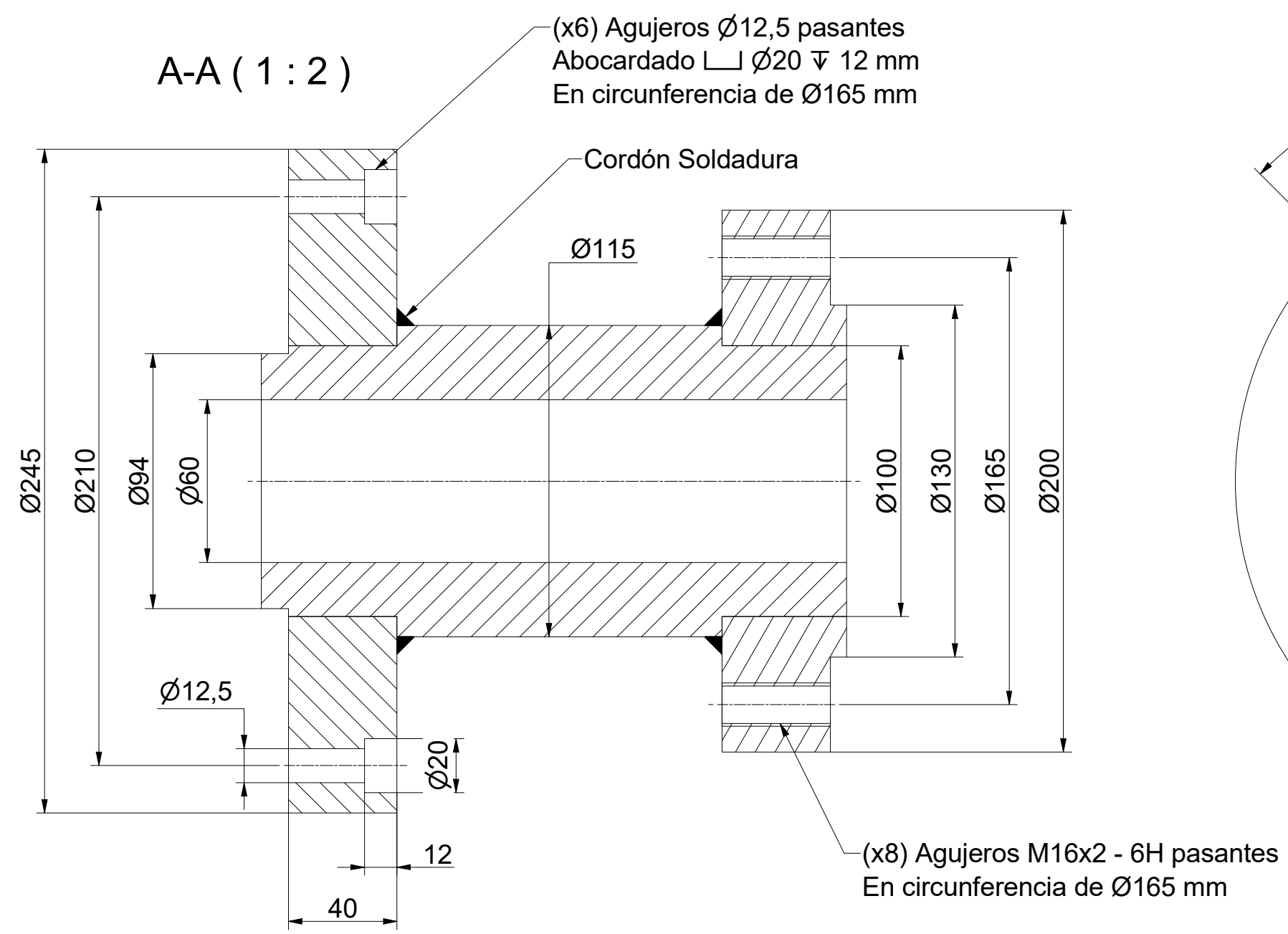
C

D

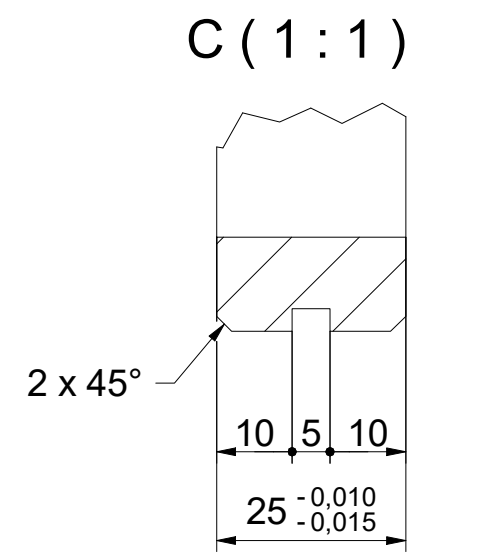
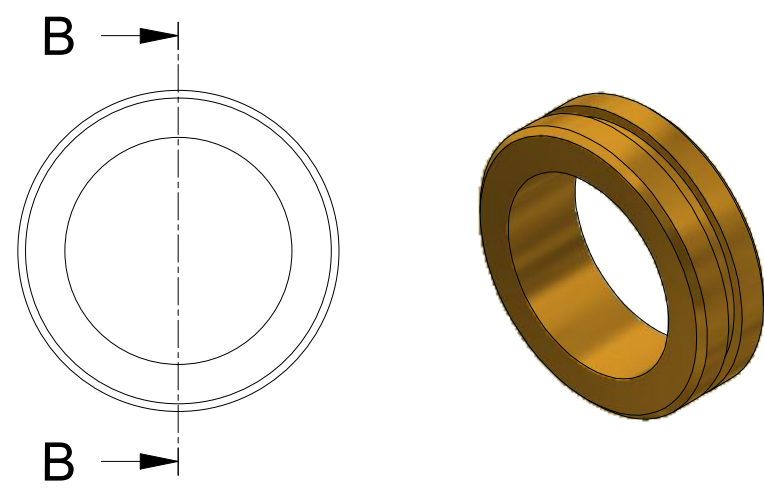
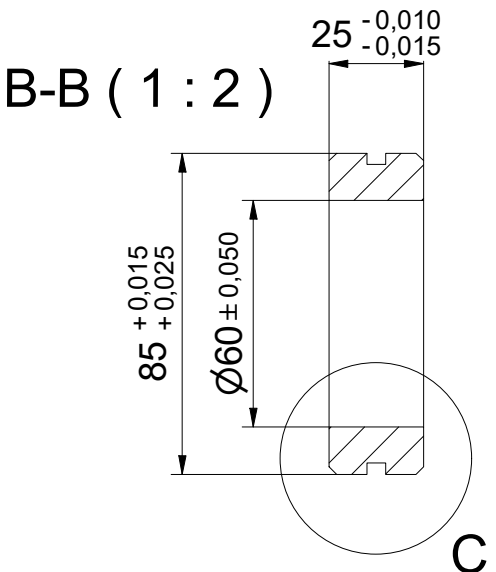
C

B

A



EXT01- 011-BuJe Bronce Camisa
Material: Bronce SAE 65



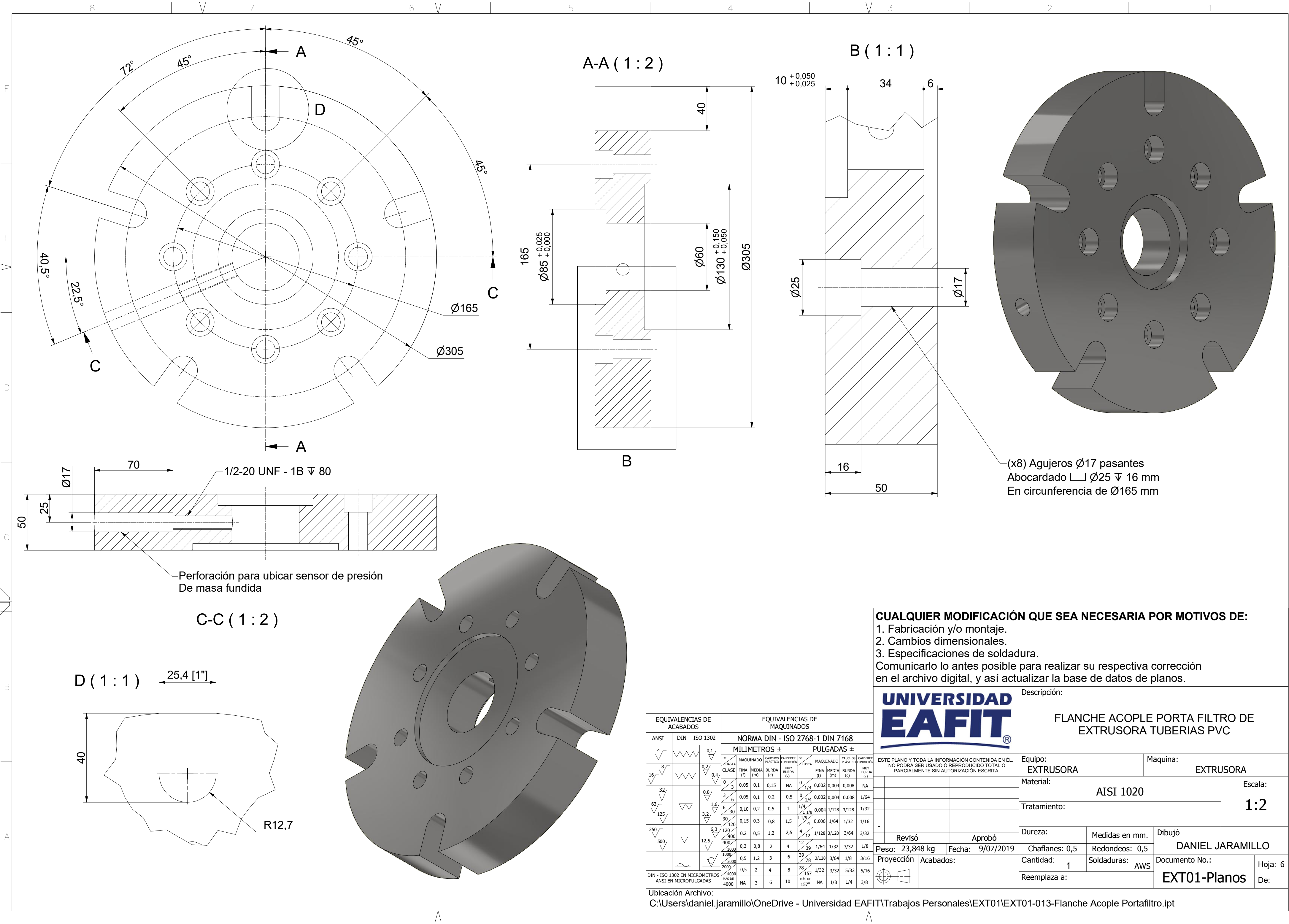
CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:

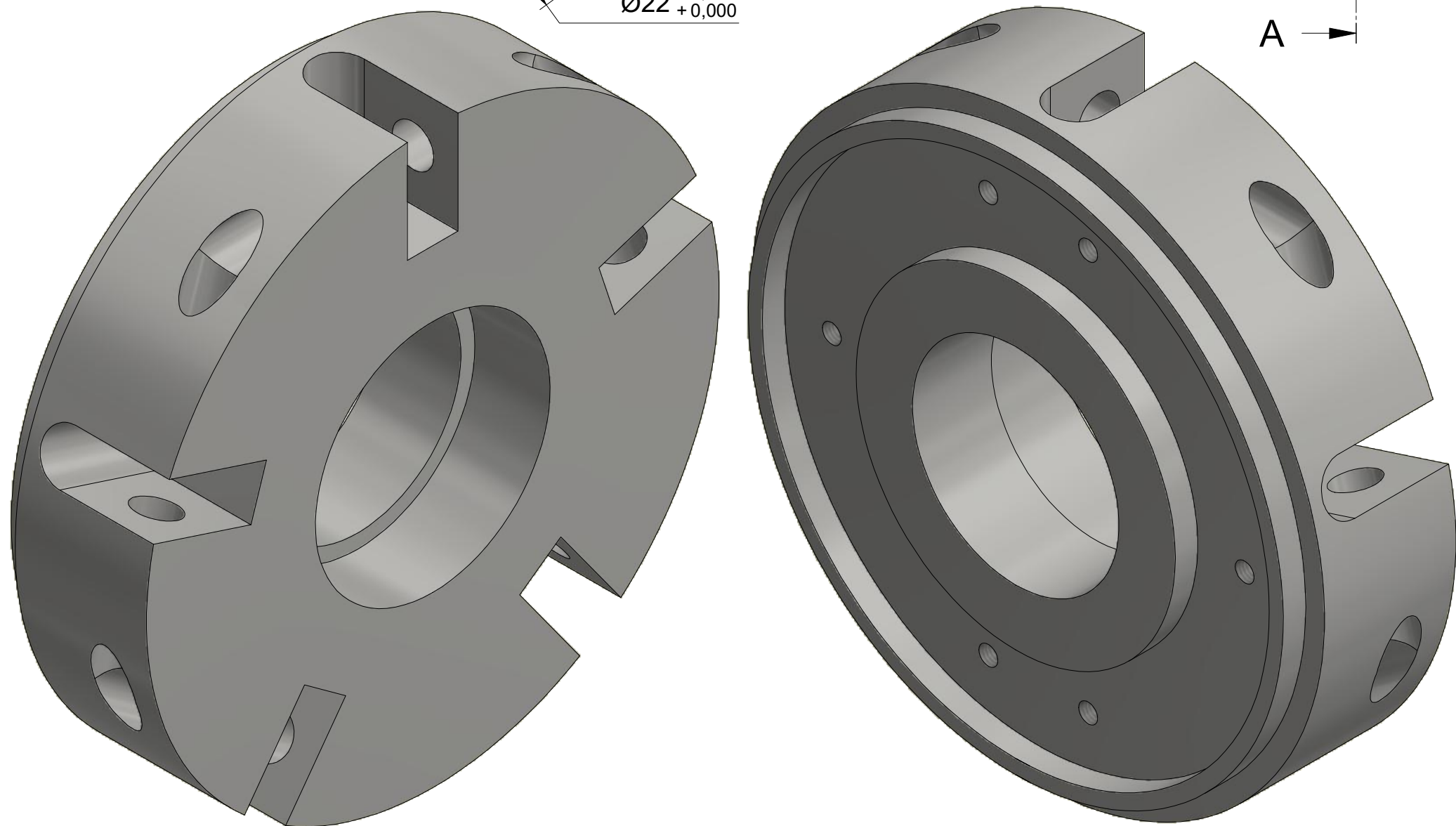
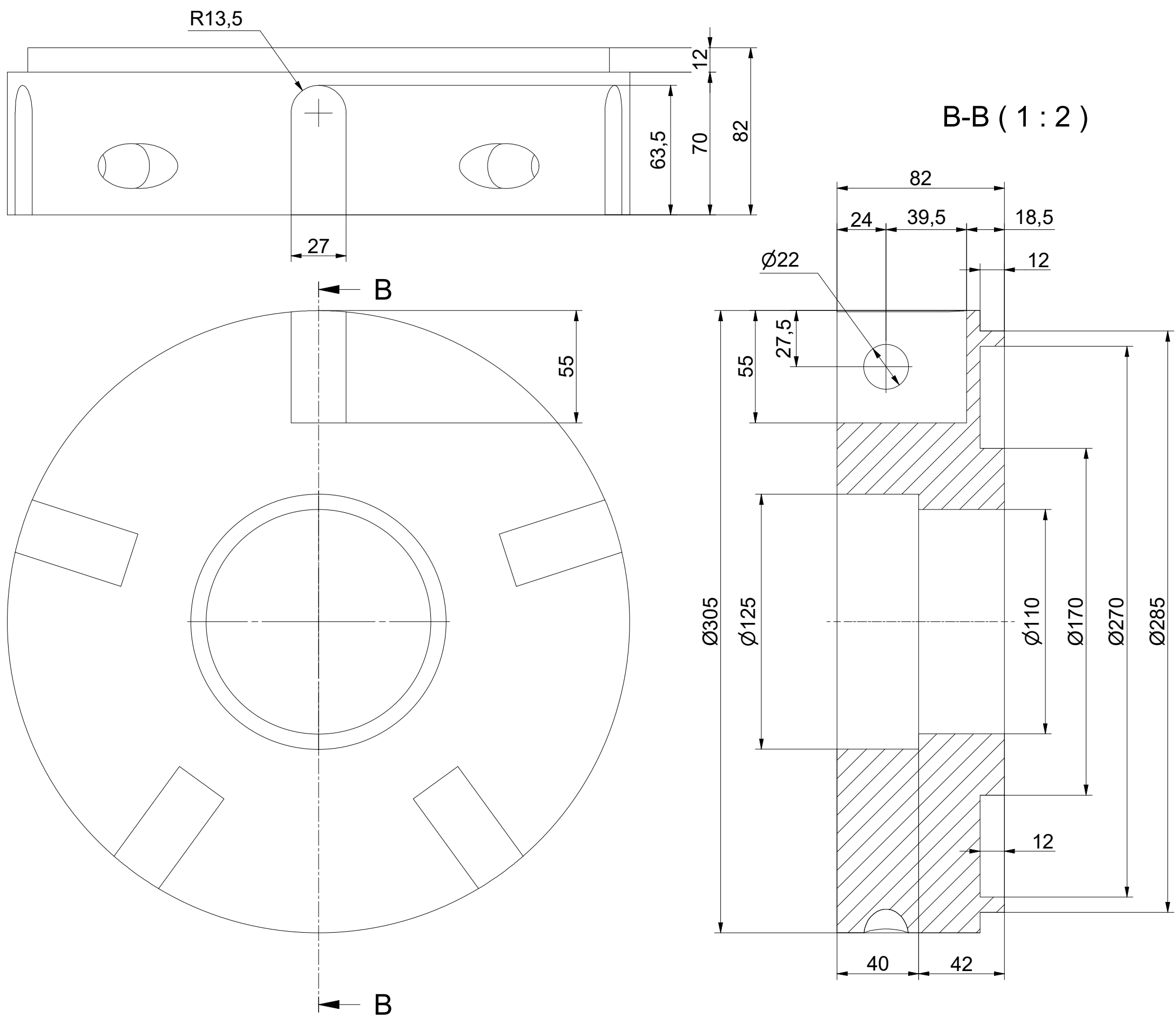
1. Fabricación y/o montaje.
2. Cambios dimensionales.
3. Especificaciones de soldadura.

Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.

UNIVERSIDAD EAFIT		Descripción:	
		ACOPLE PARA PORTAFILTRO Y EXTRUSORA DE TUBERIAS EN PVC	
Este plano y toda la información contenida en él, no podrá ser usado o reproducido total o parcialmente sin autorización escrita.		Equipo: EXTRUSORA	Maquina: EXTRUSORA
		Material: ACERO AISI 1020	Escala: 1:2
		Tratamiento:	
		Dureza:	Medidas en mm.
		Chafilanes: 0,5	Redondeos: 0,5
		Cantidad: 1	Soldaduras: AWS
		Reemplaza a:	Documento No.: EXT01-Planos
			Hoja: 5 De:

EQUIVALENCIAS DE ACABADOS			EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS													
ANSI			DIN - ISO 1302			NORMA DIN - ISO 2768-1 DIN 7168										
			MILIMETROS ±					PULGADAS ±								
			DE CLASE	MAQUINADO	CAUCHOS PLÁSTICO	CAUCHOS PLÁSTICO	CAUCHOS PLÁSTICO	CAUCHOS PLÁSTICO	DE CLASE	MAQUINADO	CAUCHOS PLÁSTICO	CAUCHOS PLÁSTICO	CAUCHOS PLÁSTICO			
			FINA (f)	MEDIA (m)	BURDA (c)	MULTI BURDA (v)	DE CLASE	FINA (f)	MEDIA (m)	BURDA (c)	MULTI BURDA (v)	DE CLASE	FINA (f)	MEDIA (m)	BURDA (c)	MULTI BURDA (v)
4		0,1	0	0,05	0,1	0,15	NA	0	0,002	0,004	0,008	NA	0	0,002	0,004	0,008
8		0,2	3	0,05	0,1	0,2	0,5	0	0,002	0,004	0,008	1/4	0	0,002	0,004	0,008
16		0,4	6	0,10	0,2	0,5	1	1/4	0,004	1/28	3/28	1/3	1/8	0,004	1/28	3/28
32		0,8	30	0,15	0,3	0,8	1,5	1/4	0,006	1/64	1/32	1/1	1/2	0,006	1/64	1/32
63		1,6	120	0,2	0,5	1,2	2,5	4	1/2	0,008	3/32	3/4	1	0,008	3/32	3/4
125		3,2	400	0,3	0,8	2	4	12	0,012	1/64	1/32	3/32	1	0,012	1/64	1/32
250		6,3	1000	0,5	1,2	3	6	39	0,039	1/28	3/64	1/8	3	0,039	1/28	3/64
500		12,5	2000	0,5	2	4	8	78	0,078	1/32	3/32	5/32	5	0,078	1/32	3/32
DIN - ISO 1302 EN MICROMETROS			4000	NA	3	6	10	MÁS DE 157"	NA	1/8	1/4	3/8	10	NA	1/8	1/4
ANSI EN MICROPULGADAS			MÁS DE 4000	NA	3	6	10	MÁS DE 157"	NA	1/8	1/4	3/8	10	NA	1/8	1/4





EQUIVALENCIAS DE ACABADOS		EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS									
ANSI DIN - ISO 1302		NORMA DIN - ISO 2768-1 DIN 7168									
		MILIMETROS ±					PULGADAS ±				
		DE HASTA CLASE	MAQUINADO	CAUCHOS PLASTICOS	BURDA (C)	CAUDERES FUNCION	DE HASTA	MAQUINADO	CAUCHOS PLASTICOS	CAUDERES FUNCION	
			FINA (f)	MEIA (m)	BURDA (C)	MULTI- BURDA (v)		FINA (f)	MEIA (m)	BURDA (C)	
4		0,1									
8		0,2									
16		0,4									
32		0,8									
63		1,6									
125		3,2									
250		6,3									
500		12,5									
DIN - ISO 1302 EN MICROMETROS ANSI EN MICROPULGADAS		HAS DE 4000	NA	3	6	10	HAS DE 157	NA	1/8	1/4	3/8

Ubicación Archivo:

C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\EXT01\EXT01-007-Acople Camisa.ipt

CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:

1. Fabricación y/o montaje.
2. Cambios dimensionales.
3. Especificaciones de soldadura.

Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.



ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL
NO PODRÁ SER USADO Ó REPRODUCIDO TOTAL O
PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA

-	ACOPLE CAMISA DE EXTRUSORA DE TUBERIAS PVC		Dureza:	Medidas en mm
	Revisó	Aprobó		

Peso: 30,790 kg

Proyección	Acab
------------	------

--	--	--

UNITED STATES

III\Trabajos Per

Descripción:	
--------------	--

ACOPLE CAMISA DE EXTRUSORA DE TUBERIAS
PVC

Equipo:
EXTRUSORA

Material:	ACERO AISI 4140
-----------	-----------------

Tratamiento

LOGRA DE TUBERIAS PVC

Dureza: Medidas en mm

Chaflanes: 0,5	Redondeos: 0
----------------	--------------

Cantidad:	1	Soldaduras:	AV
-----------	---	-------------	----

Reemplaza a:

Maquina:

4140	
------	--

	1:2
--	-----

[illegible]

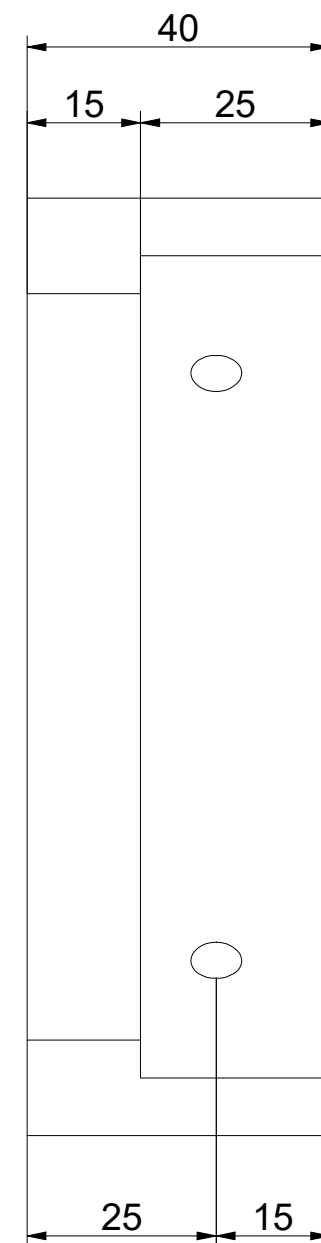
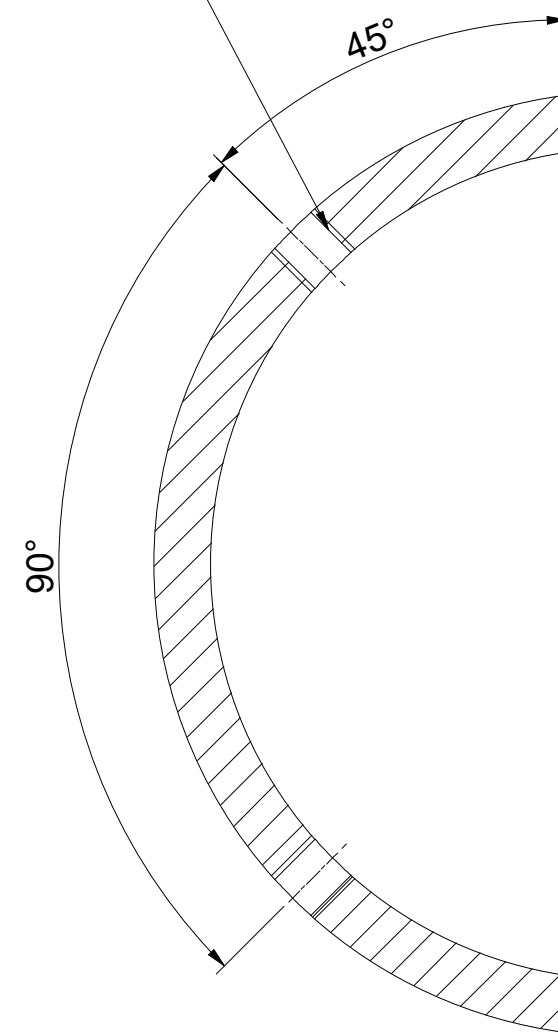
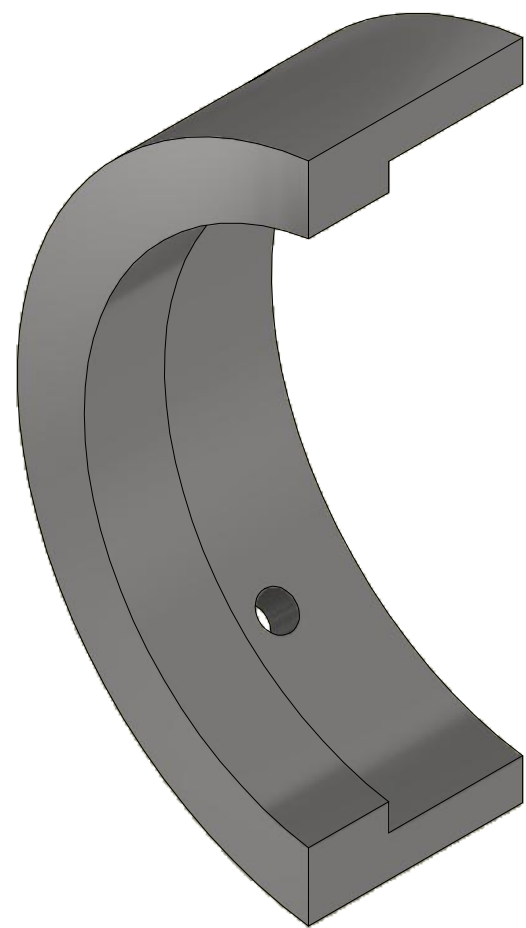
m.	Dibujó
----	--------

5	DANIEL JARAMILLO
---	------------------

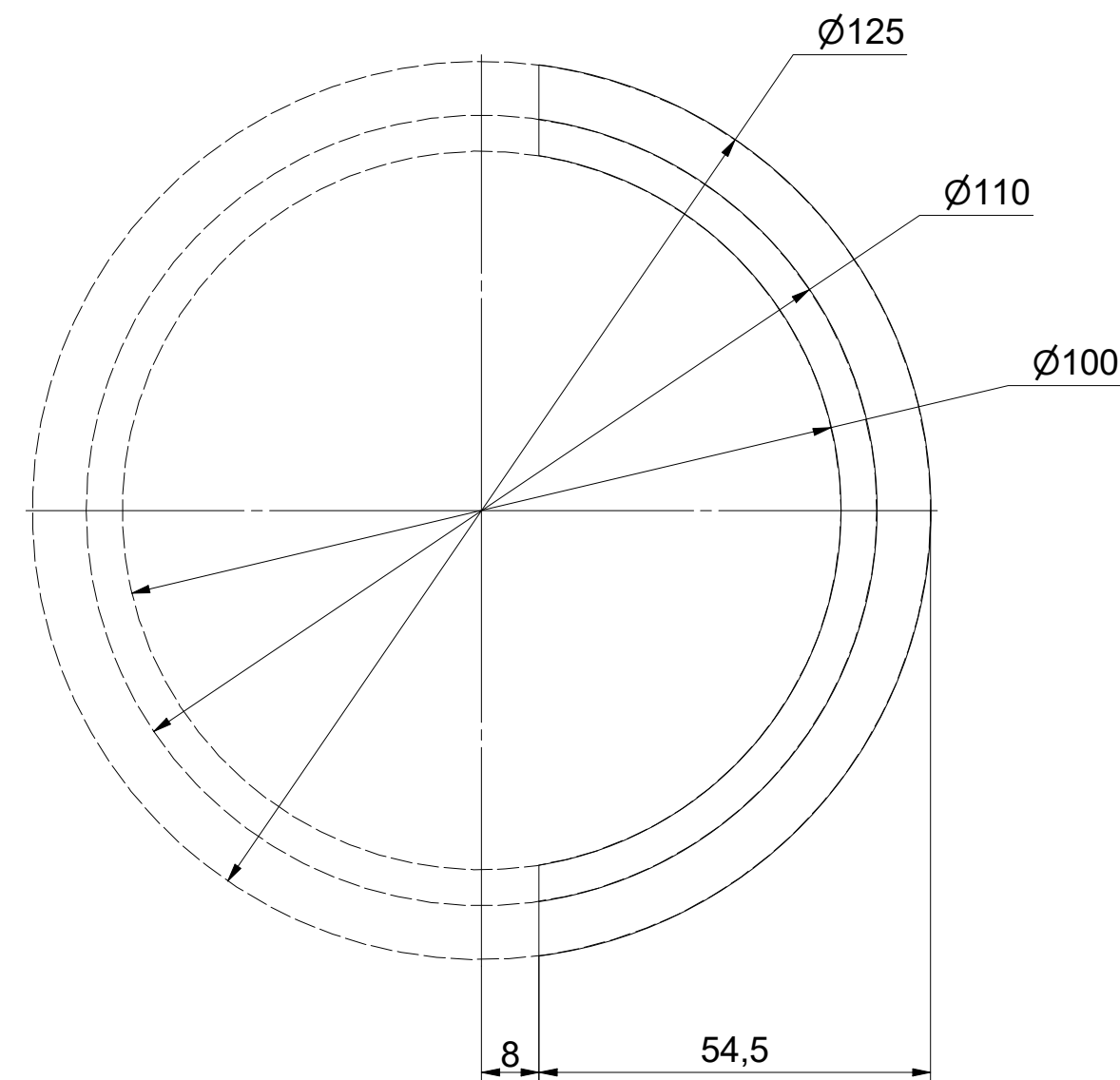
WS	Documento No.:	Ho
----	----------------	----

EXT01-Planos De

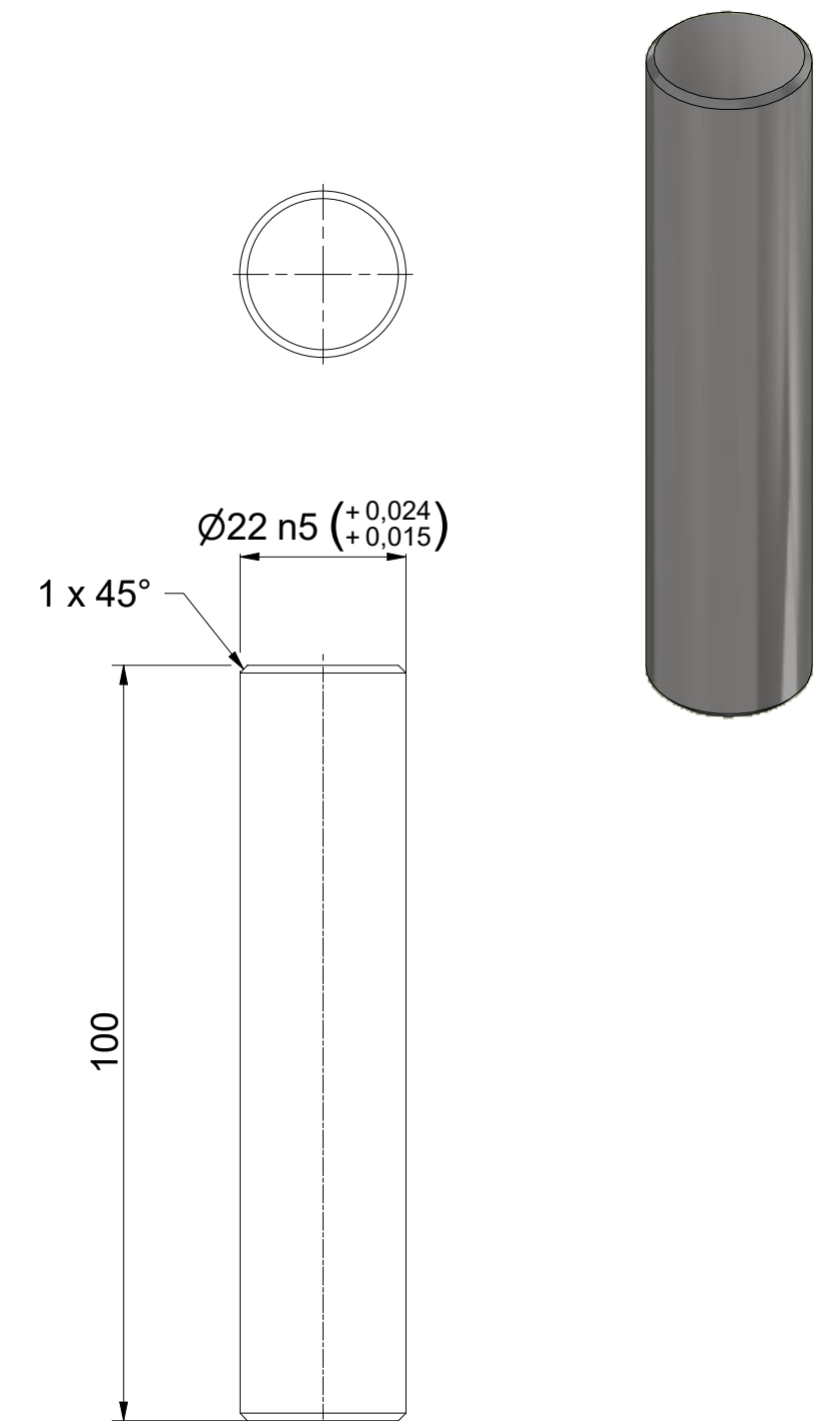
Entity	Entity Type	Entity ID
Entity 1	Entity Type 1	Entity ID 1
Entity 2	Entity Type 2	Entity ID 2
Entity 3	Entity Type 3	Entity ID 3
Entity 4	Entity Type 4	Entity ID 4
Entity 5	Entity Type 5	Entity ID 5
Entity 6	Entity Type 6	Entity ID 6
Entity 7	Entity Type 7	Entity ID 7
Entity 8	Entity Type 8	Entity ID 8
Entity 9	Entity Type 9	Entity ID 9
Entity 10	Entity Type 10	Entity ID 10
Entity 11	Entity Type 11	Entity ID 11
Entity 12	Entity Type 12	Entity ID 12
Entity 13	Entity Type 13	Entity ID 13
Entity 14	Entity Type 14	Entity ID 14
Entity 15	Entity Type 15	Entity ID 15
Entity 16	Entity Type 16	Entity ID 16
Entity 17	Entity Type 17	Entity ID 17
Entity 18	Entity Type 18	Entity ID 18
Entity 19	Entity Type 19	Entity ID 19
Entity 20	Entity Type 20	Entity ID 20
Entity 21	Entity Type 21	Entity ID 21
Entity 22	Entity Type 22	Entity ID 22
Entity 23	Entity Type 23	Entity ID 23
Entity 24	Entity Type 24	Entity ID 24
Entity 25	Entity Type 25	Entity ID 25
Entity 26	Entity Type 26	Entity ID 26
Entity 27	Entity Type 27	Entity ID 27
Entity 28	Entity Type 28	Entity ID 28
Entity 29	Entity Type 29	Entity ID 29
Entity 30	Entity Type 30	Entity ID 30
Entity 31	Entity Type 31	Entity ID 31
Entity 32	Entity Type 32	Entity ID 32
Entity 33	Entity Type 33	Entity ID 33
Entity 34	Entity Type 34	Entity ID 34
Entity 35	Entity Type 35	Entity ID 35
Entity 36	Entity Type 36	Entity ID 36
Entity 37	Entity Type 37	Entity ID 37
Entity 38	Entity Type 38	Entity ID 38
Entity 39	Entity Type 39	Entity ID 39
Entity 40	Entity Type 40	Entity ID 40
Entity 41	Entity Type 41	Entity ID 41
Entity 42	Entity Type 42	Entity ID 42
Entity 43	Entity Type 43	Entity ID 43
Entity 44	Entity Type 44	Entity ID 44
Entity 45	Entity Type 45	Entity ID 45
Entity 46	Entity Type 46	Entity ID 46
Entity 47	Entity Type 47	Entity ID 47
Entity 48	Entity Type 48	Entity ID 48
Entity 49	Entity Type 49	Entity ID 49
Entity 50	Entity Type 50	Entity ID 50
Entity 51	Entity Type 51	Entity ID 51
Entity 52	Entity Type 52	Entity ID 52
Entity 53	Entity Type 53	Entity ID 53
Entity 54	Entity Type 54	Entity ID 54
Entity 55	Entity Type 55	Entity ID 55
Entity 56	Entity Type 56	Entity ID 56
Entity 57	Entity Type 57	Entity ID 57
Entity 58	Entity Type 58	Entity ID 58
Entity 59	Entity Type 59	Entity ID 59
Entity 60	Entity Type 60	Entity ID 60
Entity 61	Entity Type 61	Entity ID 61
Entity 62	Entity Type 62	Entity ID 62
Entity 63	Entity Type 63	Entity ID 63
Entity 64	Entity Type 64	Entity ID 64
Entity 65	Entity Type 65	Entity ID 65
Entity 66	Entity Type 66	Entity ID 66
Entity 67	Entity Type 67	Entity ID 67
Entity 68	Entity Type 68	Entity ID 68
Entity 69	Entity Type 69	Entity ID 69
Entity 70	Entity Type 70	Entity ID 70
Entity 71	Entity Type 71	Entity ID 71
Entity 72	Entity Type 72	Entity ID 72
Entity 73	Entity Type 73	Entity ID 73
Entity 74	Entity Type 74	Entity ID 74
Entity 75	Entity Type 75	Entity ID 75
Entity 76	Entity Type 76	Entity ID 76
Entity 77	Entity Type 77	Entity ID 77
Entity 78	Entity Type 78	Entity ID 78
Entity 79	Entity Type 79	Entity ID 79
Entity 80	Entity Type 80	Entity ID 80
Entity 81	Entity Type 81	Entity ID 81
Entity 82	Entity Type 82	Entity ID 82
Entity 83	Entity Type 83	Entity ID 83
Entity 84	Entity Type 84	Entity ID 84
Entity 85	Entity Type 85	Entity ID 85
Entity 86	Entity Type 86	Entity ID 86
Entity 87	Entity Type 87	Entity ID 87
Entity 88	Entity Type 88	Entity ID 88
Entity 89	Entity Type 89	Entity ID 89
Entity 90	Entity Type 90	Entity ID 90
Entity 91	Entity Type 91	Entity ID 91
Entity 92	Entity Type 92	Entity ID 92
Entity 93	Entity Type 93	Entity ID 93
Entity 94	Entity Type 94	Entity ID 94
Entity 95	Entity Type 95	Entity ID 95
Entity 96	Entity Type 96	Entity ID 96
Entity 97	Entity Type 97	Entity ID 97
Entity 98	Entity Type 98	Entity ID 98
Entity 99	Entity Type 99	Entity ID 99
Entity 100	Entity Type 100	Entity ID 100



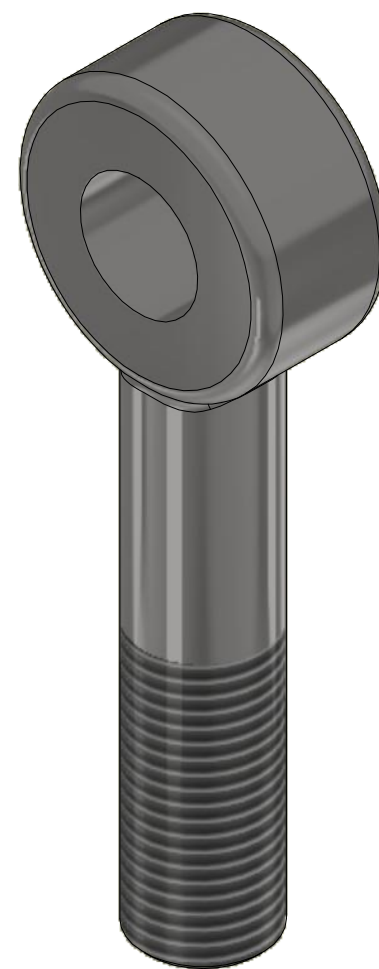
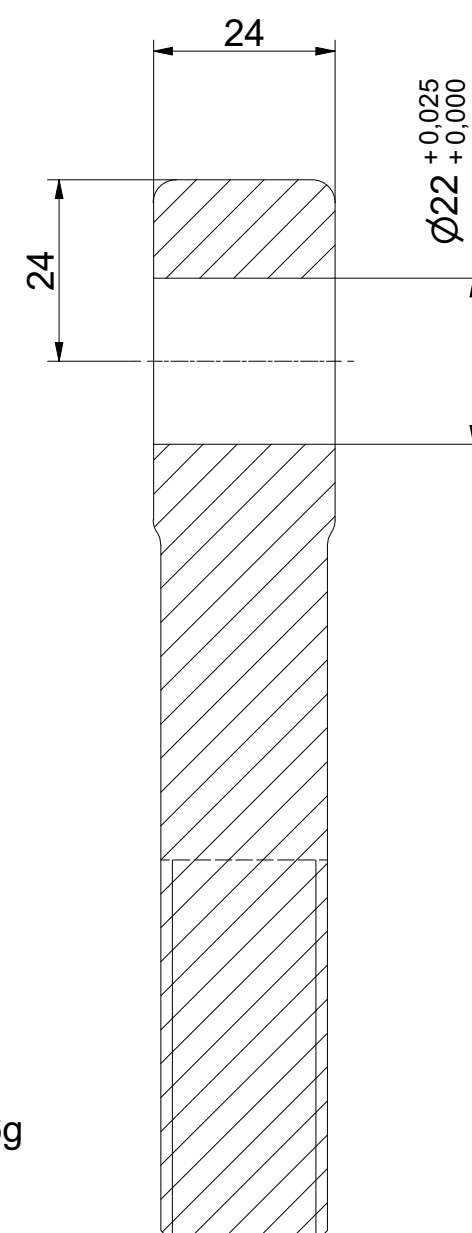
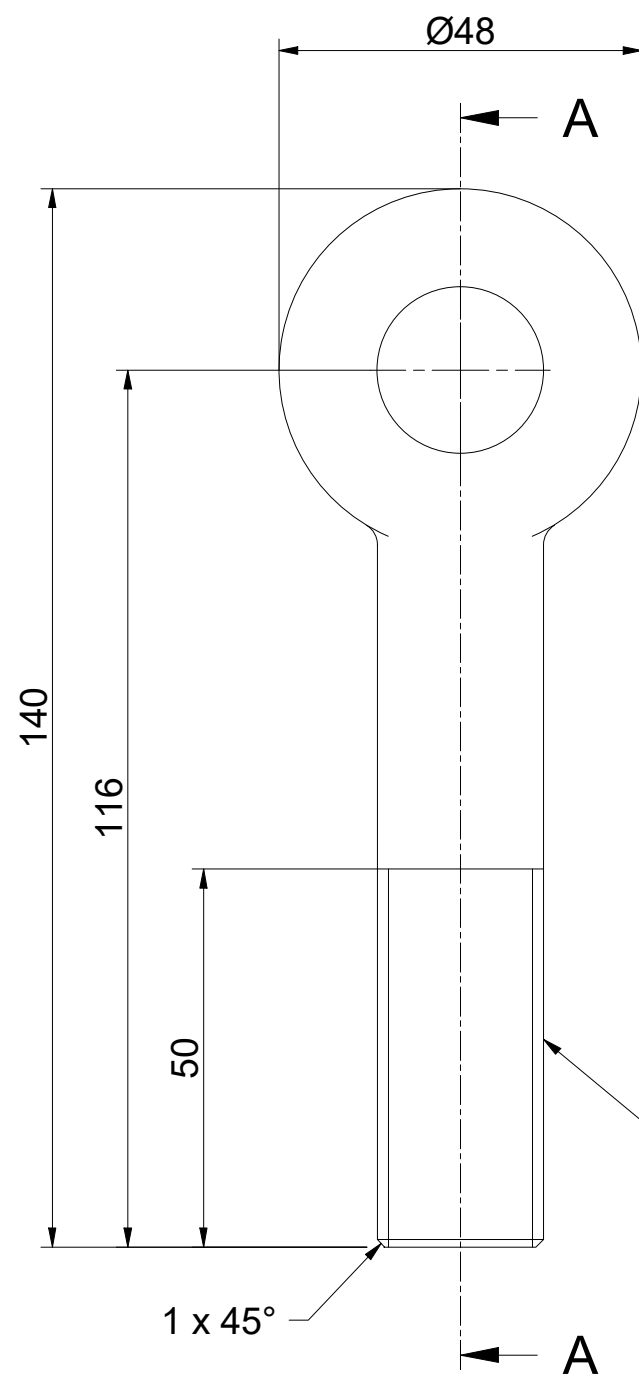
Cantidad: 2 unds



Cantidad: 5 unds



A-A (1 : 1)



Cantidad: 5 unds

EQUIVALENCIAS DE ACABADOS			EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS											
ANSI	DIN - ISO 1302		NORMA DIN - ISO 2768-1 DIN 7168											
			MILIMETROS ±						PULGADAS ±					
			DE CLASE	MAQUINADO			CAUCHOS PLASTICO	CAUDER FUNDICION	DE CLASE	MAQUINADO			CAUCHOS PLASTICO	CAUDER FUNDICION
				FINA (F)	MEDIA (M)	BURDA (C)	NEW BURDA (C)			FINA (F)	MEDIA (M)	BURDA (C)	NEW BURDA (C)	
4		0,1	0	0,05	0,1	0,15	NA	0	1/4	0,002	0,004	0,008	1	
8		0,2	3	0,05	0,1	0,2	0,5	0	1/4	0,002	0,004	0,008	1	
16		0,4	6	0,10	0,2	0,5	1	1/4	1/8	0,004	0,008	0,016	1	
32		0,8	30	0,15	0,3	0,8	1,5	1/8	4	0,006	1/64	1/32	1	
63		1,6	120	0,2	0,5	1,2	2,5	4	12	1/128	3/128	3/64	3	
125		3,2	400	0,3	0,8	2	4	12	39	1/64	1/32	3/32	1	
250		6,3	1000	0,5	1,2	3	6	39	78	3/128	3/64	1/8	3	
500		12,5	2000	0,5	2	4	8	78	157	1/32	3/32	5/32	5	
			4000	NA	3	6	10	NA	157	NA	1/8	1/4	1	
			4000	NA	3	6	10	NA	157	NA	1/8	1/4	1	
DIN - ISO 1302 en MICROMETROS ANSI en MICROPULGADAS														

C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\EXT01\EXT01-010-Buje Bipartido Camisa.ipt

**UNIVERSIDAD
EAFIT®**


ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL,
NO PODRÁ SER USADO Ó REPRODUCIDO TOTAL O
PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA

A		

64		
32		

16	-	
32	Revisó	Aprobó

	Revisó	Aprobó
8	Peso: 0,480 kg	Fecha: 9/07/2019
16	Proyección	Acabados:

16		Acabados.
----	---	-----------

EIT\Trabajos Personales\EYT01\Ex

Descripción:	
--------------	--

PASADOR, BUJE BIPARTIDOS Y PERNO ACOPLE PARA EXTRUSORA DE TUBERÍAS EN PVC

Equipo:	EXTRUSORA
---------	-----------

Maquina:	EXTRUSORA
----------	-----------

Material:	ACERO AISI 1020
-----------	-----------------

scala:

1

Durezza:

Medidas en mm

Dibujó	
DANIEL IARAMILLO	

9	Chaflanes: 0,5
---	----------------

Redondeos: 0,5

Cantidad:	1
-----------	---

Soldaduras: AWS

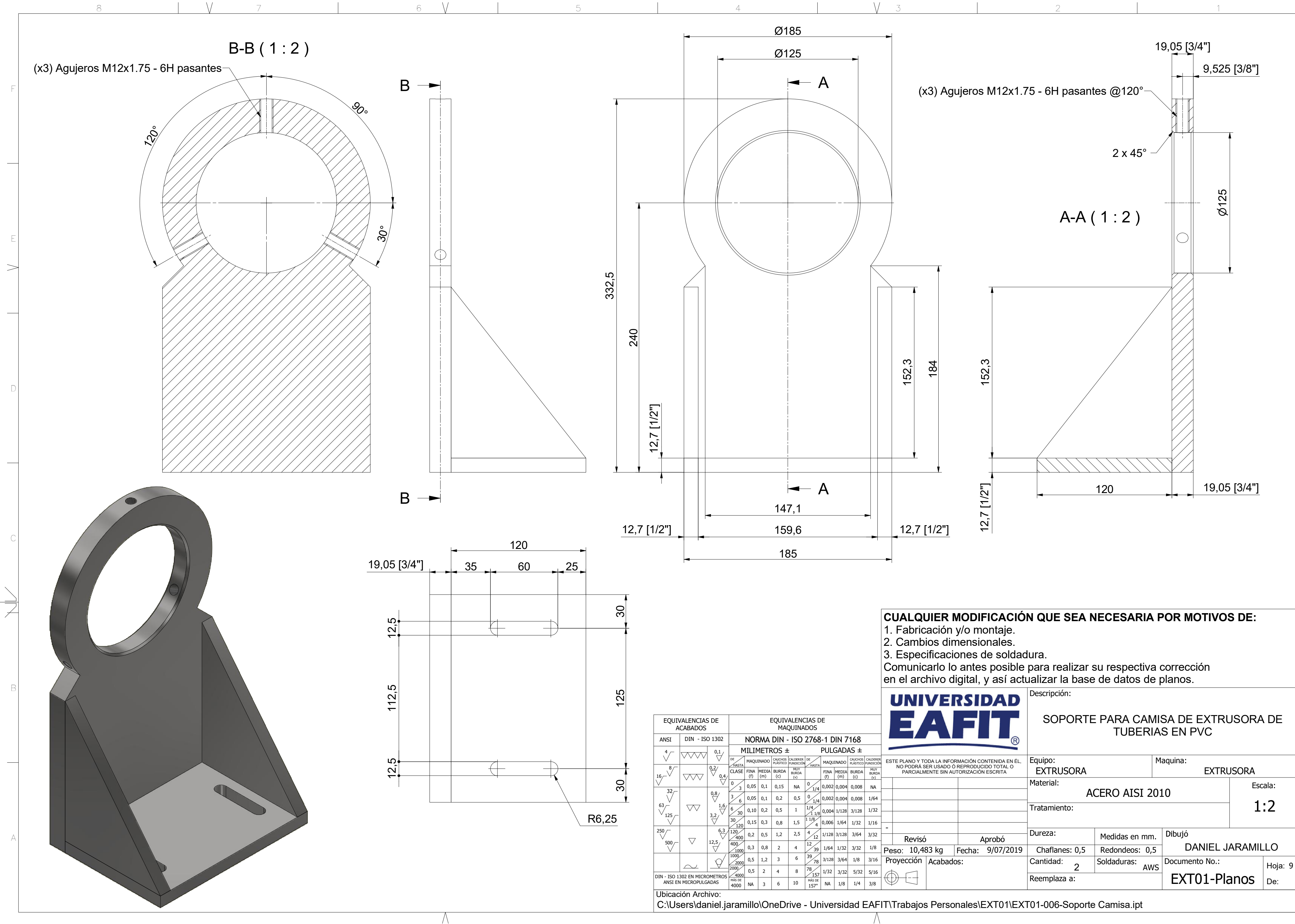
Reemplaza a:

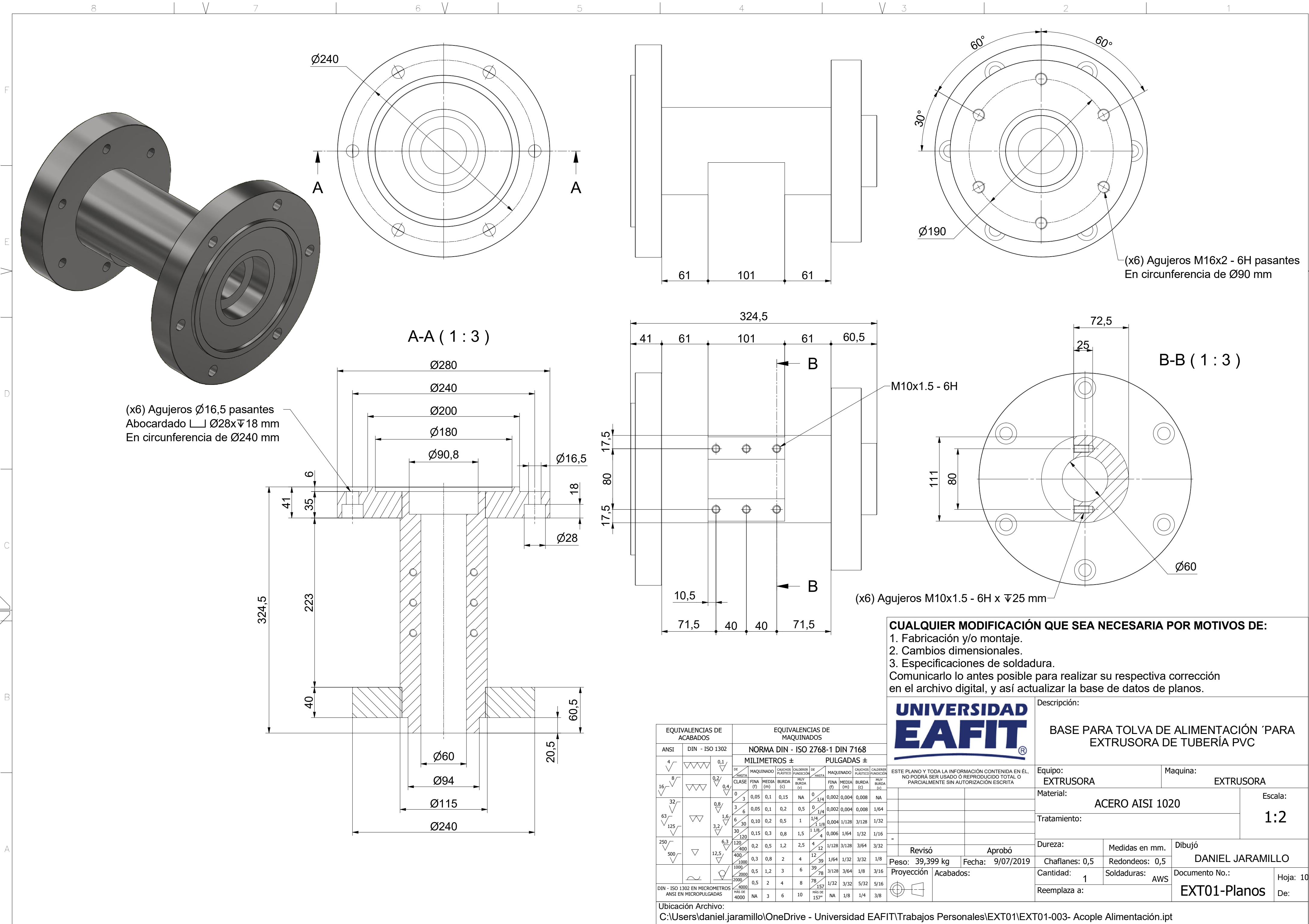
	AWS

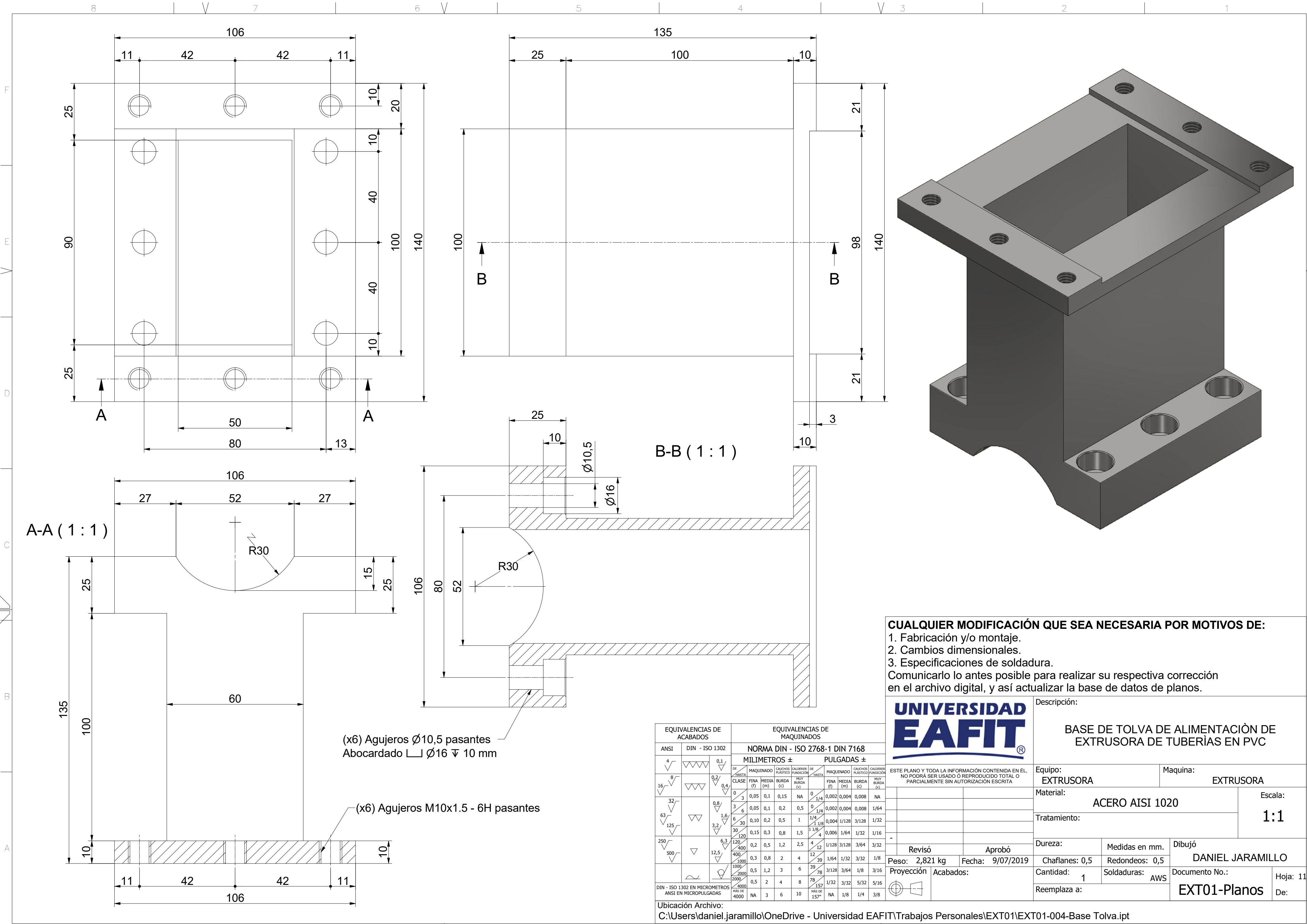
Documento No.:	H
EXT01-Planos	D

doja: 8

De:







CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:

1. Fabricación y/o montaje.
2. Cambios dimensionales.
3. Especificaciones de soldadura.

Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.

ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL, NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA

Revisó	Aprobó
Peso: 2,821 kg	Fecha: 9/07/2019
Proyección	Acabados:

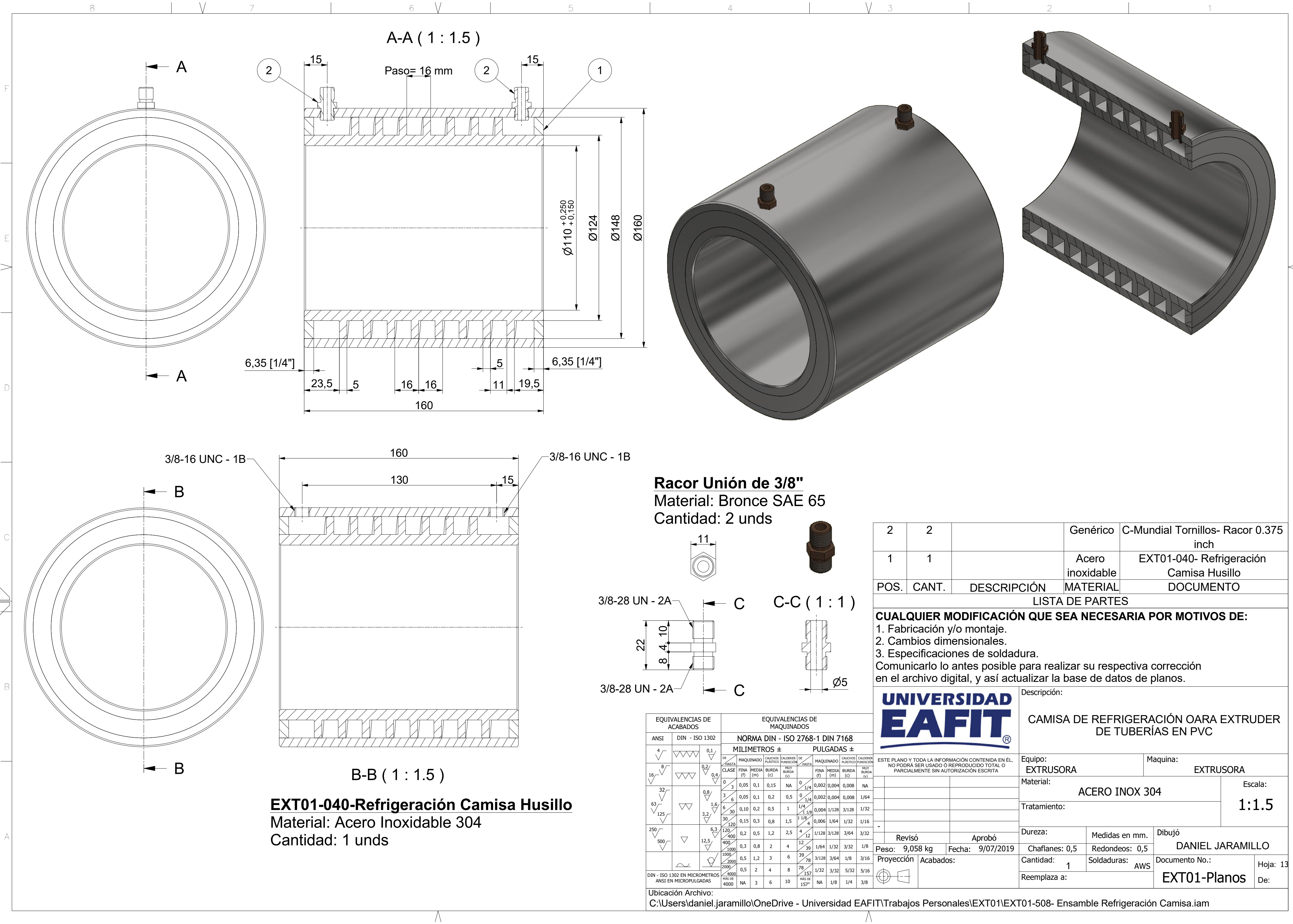
Descripción:

BASE DE TOLVA DE ALIMENTACIÓN DE EXTRUSORA DE TUBERÍAS EN PVC

Equipo:	EXTRUSORA	Maquina:	EXTRUSORA
Material:	ACERO AISI 1020		Escala:
Tratamiento:			1:1
Dureza:	Medidas en mm.	Dibujó	
Chaflandes: 0,5	Redondeos: 0,5	DANIEL JARAMILLO	
Cantidad: 1	Soldaduras: AWS	Documento No.:	Hoja: 11
Reemplaza a:	EXT01-Planos		De:

Ubicación Archivo:

C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\EXT01\EXT01-004-Base Tolva.ipt



A-A (1 : 1.5)

B-B (1 : 1.5)

EXT01-040-Refrigeración Camisa Husillo
Material: Acero Inoxidable 304
Cantidad: 1 unds

Racor Unión de 3/8"
Material: Bronce SAE 65
Cantidad: 2 unds

2	2		Genérico	C-Mundial Tornillos- Racor 0.375 inch
1	1		Acero inoxidable	EXT01-040- Refrigeración Camisa Husillo
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	DOCUMENTO
LISTA DE PARTES				
CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:				
1. Fabricación y/o montaje.				
2. Cambios dimensionales.				
3. Especificaciones de soldadura.				
Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.				
UNIVERSIDAD EAFIT			Descripción:	
			CAMISA DE REFRIGERACIÓN OARA EXTRUDER DE TUBERÍAS EN PVC	
			Equipo:	Maquina:
			EXTRUSORA	EXTRUSORA
			Material:	Escala:
			ACERO INOX 304	1:1.5
			Tratamiento:	
			Dureza:	Medidas en mm.
			Chafanes: 0,5	Redondeos: 0,5
			Cantidad: 1	Soldaduras: AWS
			Reemplaza a:	Documento No.:
				EXT01-Planos
				De:
Ubicación Archivo:				
C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\EXT01\EXT01-508- Ensamble Refrigeración Camisa.iam				

The technical drawing illustrates the assembly of a PVC extruder. It includes several views: a front view (A-A) showing the extruder barrel, die head, and motor; a side view (B-B) showing the motor and drive pulley; and a detail view (C-C) of the die head assembly. The drawing is annotated with numerous callouts (1-43) identifying components and features. A detailed table at the bottom right provides specifications for the extruder, including material, dimensions, and tolerances.

Table 1: EQUIVALENCIAS DE ACABADOS

ANSI	DIN - ISO 1302	CLASE	FINA	MEDIA	BURDA	FINA	MEDIA	BURDA
16	8	0.2	0.05	0.1	0.15	0.05	0.1	0.15
32	16	0.5	0.15	0.3	0.45	0.15	0.3	0.45
63	32	1.0	0.3	0.6	0.9	0.3	0.6	0.9
125	63	1.5	0.6	1.2	1.8	0.6	1.2	1.8
250	125	2.0	1.2	2.4	3.6	1.2	2.4	3.6
500	250	3.0	2.0	4.0	6.0	2.0	4.0	6.0

Table 2: EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS

ANSI	DIN - ISO 1302	CLASE	FINA	MEDIA	BURDA	FINA	MEDIA	BURDA
16	8	0.2	0.05	0.1	0.15	0.05	0.1	0.15
32	16	0.5	0.15	0.3	0.45	0.15	0.3	0.45
63	32	1.0	0.3	0.6	0.9	0.3	0.6	0.9
125	63	1.5	0.6	1.2	1.8	0.6	1.2	1.8
250	125	2.0	1.2	2.4	3.6	1.2	2.4	3.6
500	250	3.0	2.0	4.0	6.0	2.0	4.0	6.0

Table 3: EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS

ANSI	DIN - ISO 1302	CLASE	FINA	MEDIA	BURDA	FINA	MEDIA	BURDA
16	8	0.2	0.05	0.1	0.15	0.05	0.1	0.15
32	16	0.5	0.15	0.3	0.45	0.15	0.3	0.45
63	32	1.0	0.3	0.6	0.9	0.3	0.6	0.9
125	63	1.5	0.6	1.2	1.8	0.6	1.2	1.8
250	125	2.0	1.2	2.4	3.6	1.2	2.4	3.6
500	250	3.0	2.0	4.0	6.0	2.0	4.0	6.0

Table 4: EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS

ANSI	DIN - ISO 1302	CLASE	FINA	MEDIA	BURDA	FINA	MEDIA	BURDA
16	8	0.2	0.05	0.1	0.15	0.05	0.1	0.15
32	16	0.5	0.15	0.3	0.45	0.15	0.3	0.45
63	32	1.0	0.3	0.6	0.9	0.3	0.6	0.9
125	63	1.5	0.6	1.2	1.8	0.6	1.2	1.8
250	125	2.0	1.2	2.4	3.6	1.2	2.4	3.6
500	250	3.0	2.0	4.0	6.0	2.0	4.0	6.0

Table 5: EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS

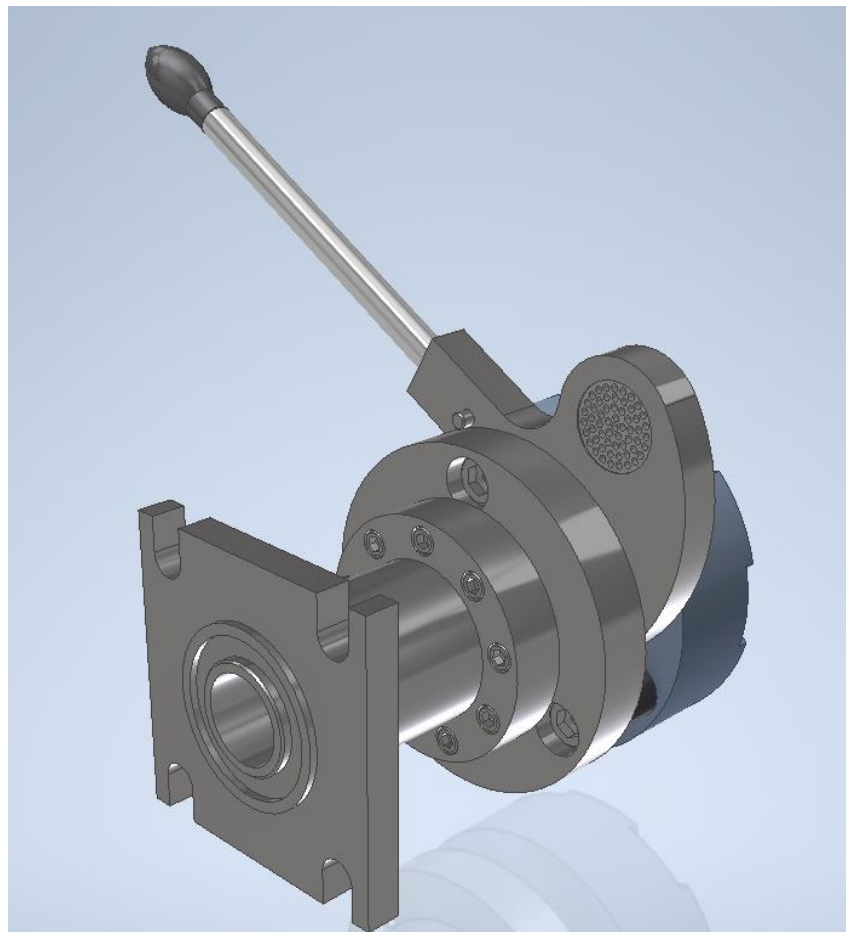
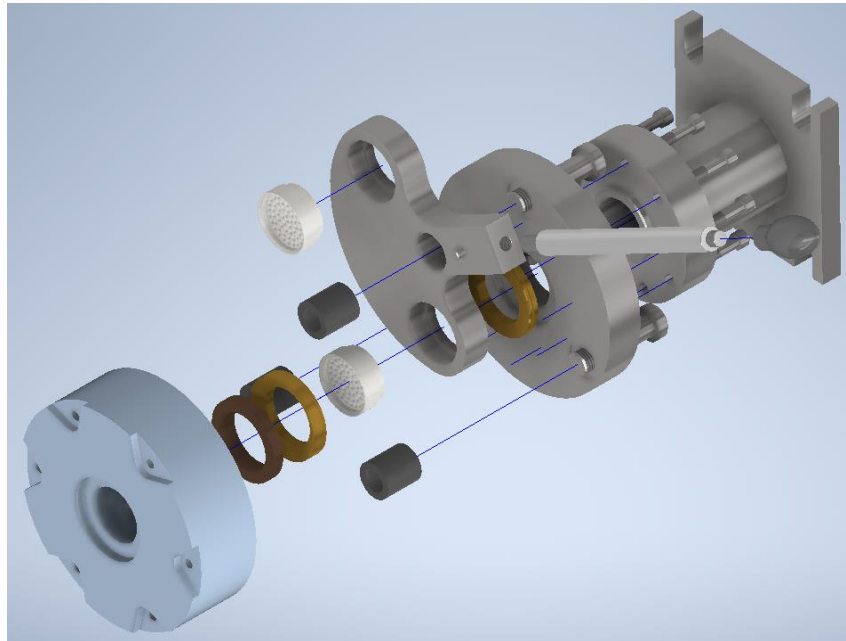
ANSI	DIN - ISO 1302	CLASE	FINA	MEDIA	BURDA	FINA	MEDIA	BURDA
16	8	0.2	0.05	0.1	0.15	0.05	0.1	0.15
32	16	0.5	0.15	0.3	0.45	0.15	0.3	0.45
63	32	1.0	0.3	0.6	0.9	0.3	0.6	0.9
125	63	1.5	0.6	1.2	1.8	0.6	1.2	1.8
250	125	2.0	1.2	2.4	3.6	1.2	2.4	3.6
500	250	3.0	2.0	4.0	6.0	2.0	4.0	6.0

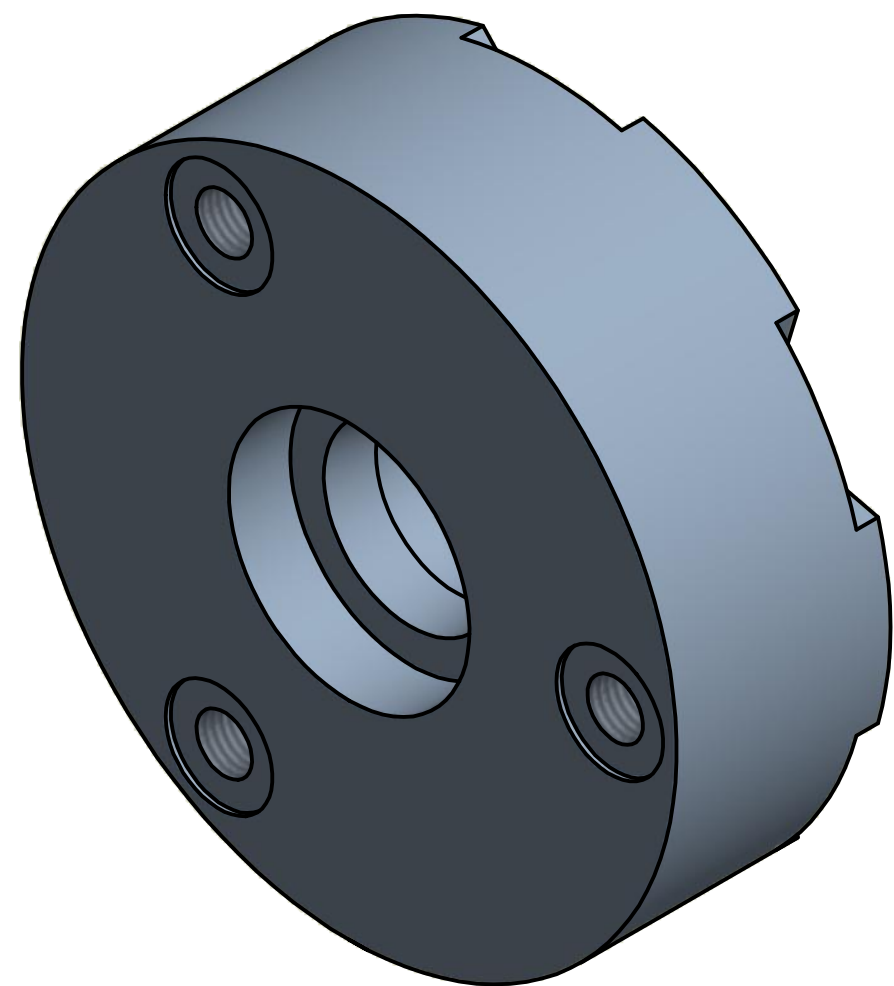
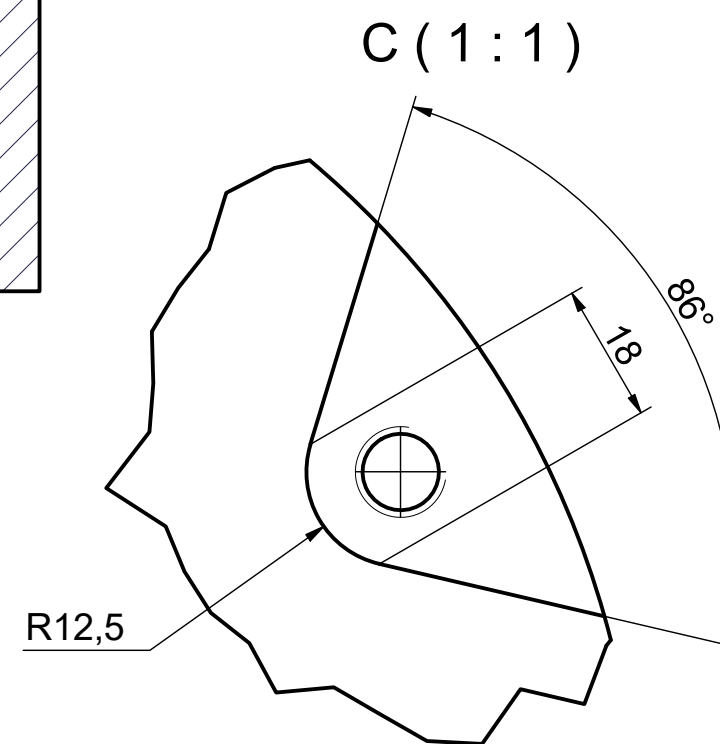
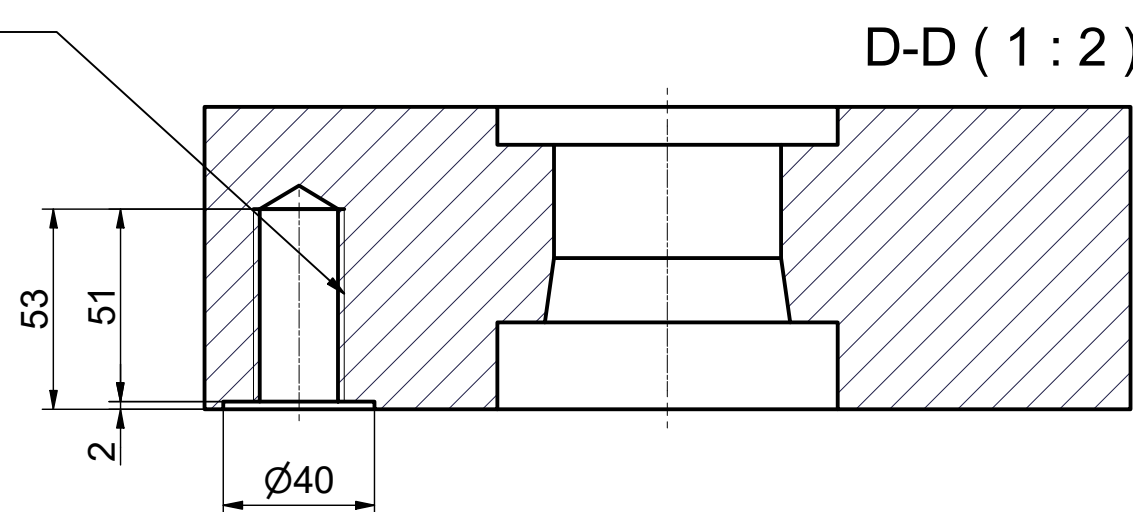
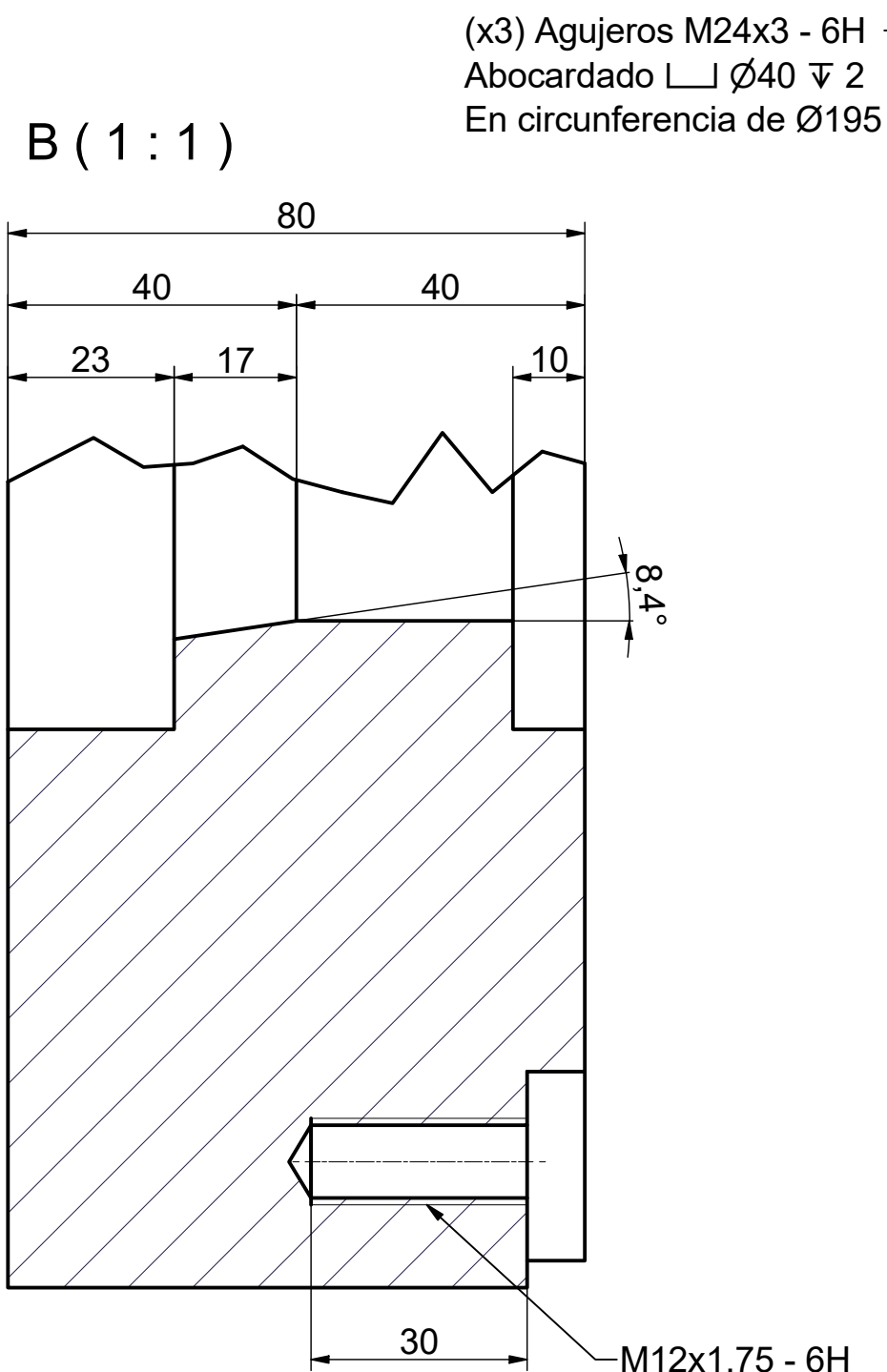
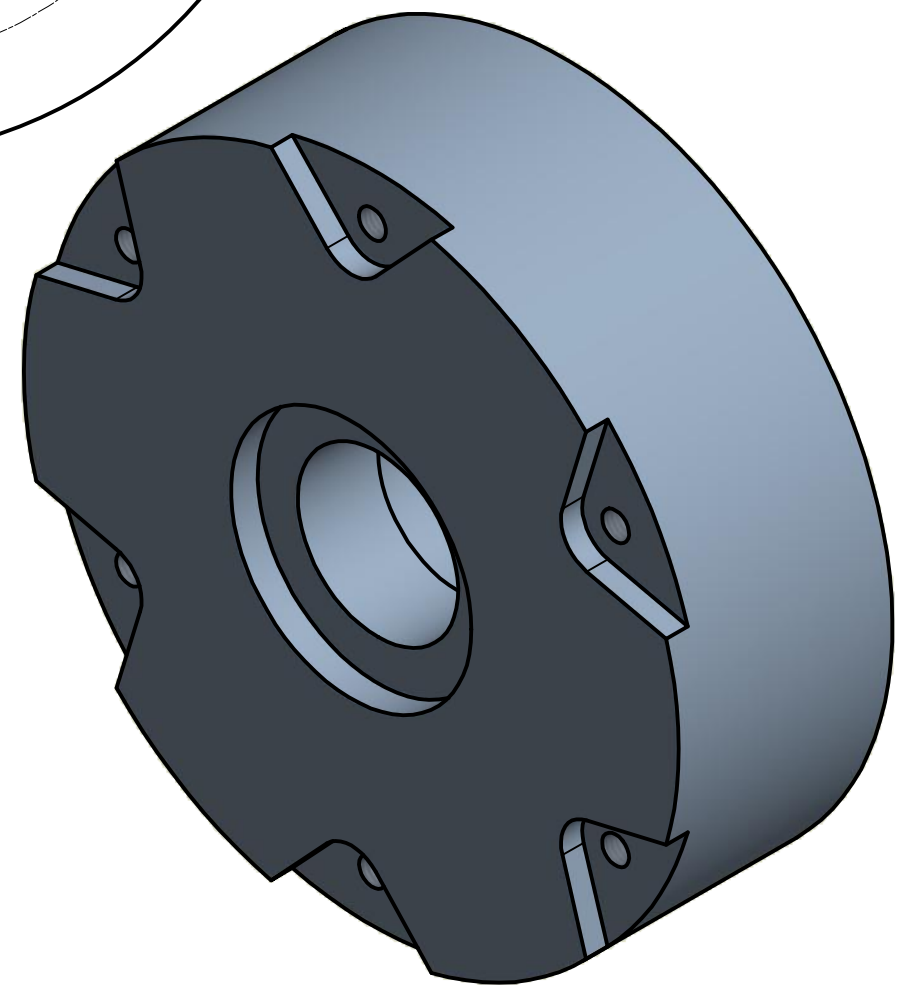
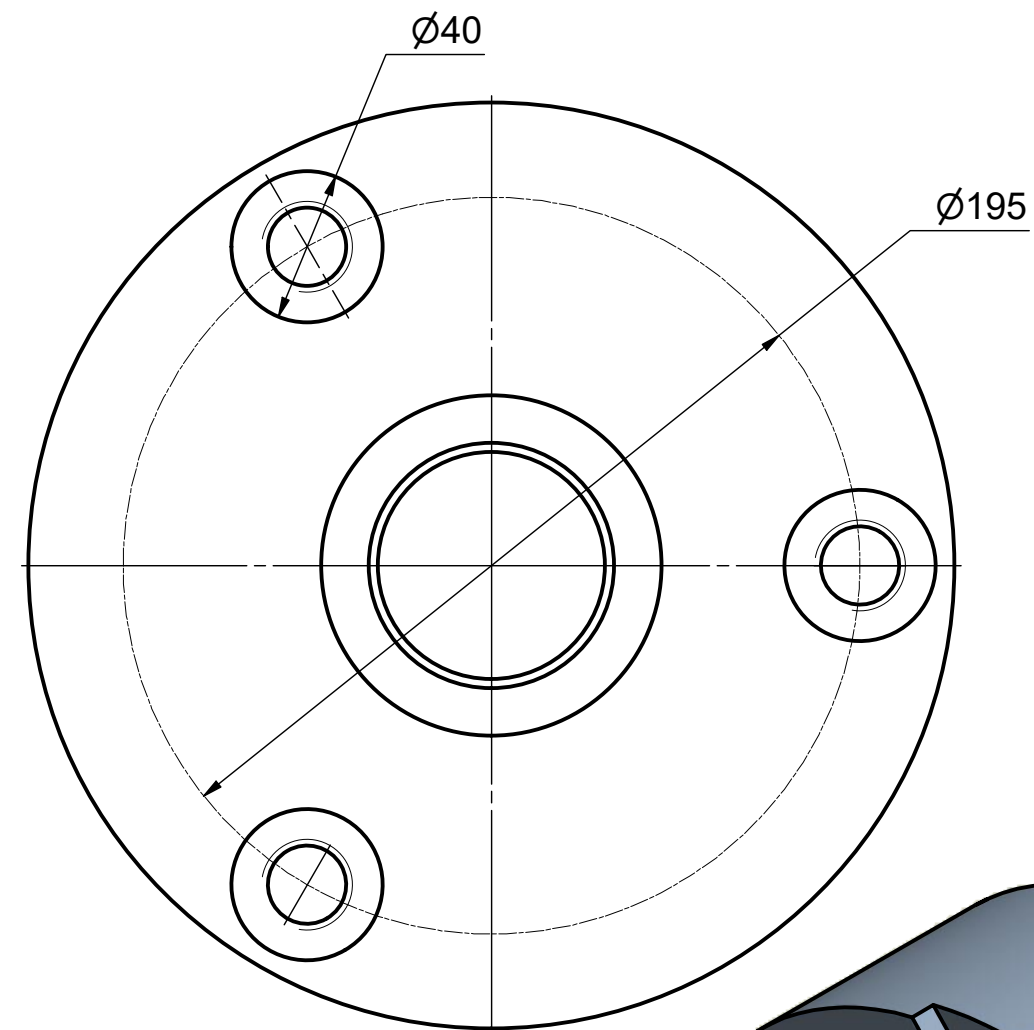
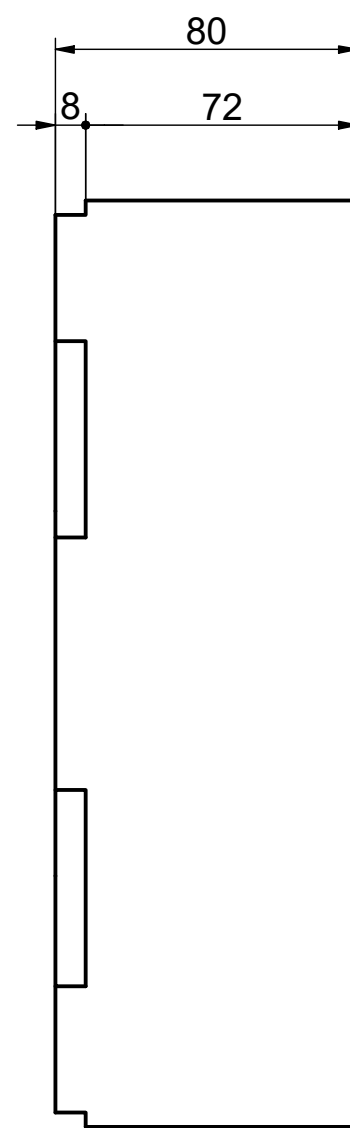
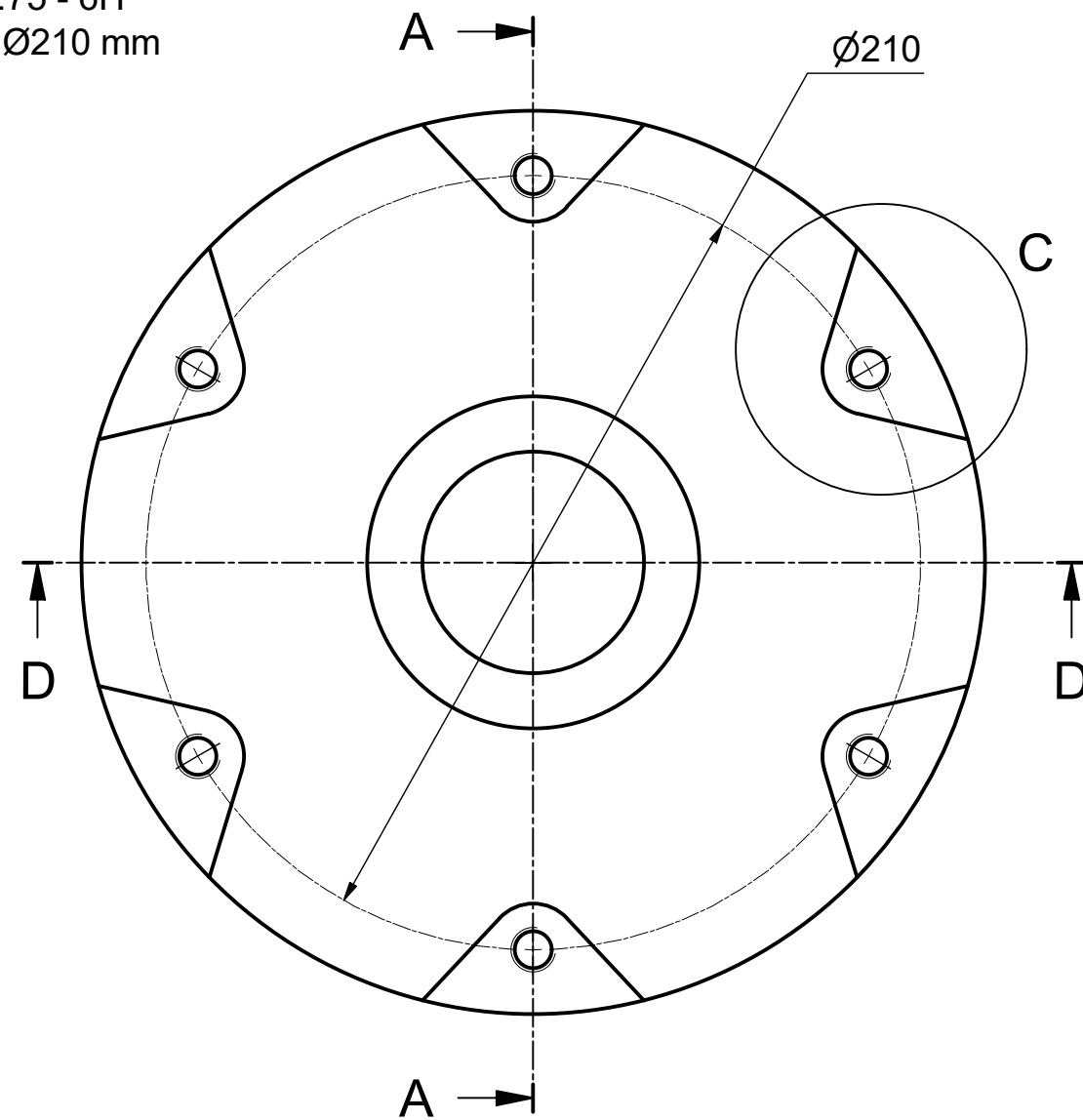
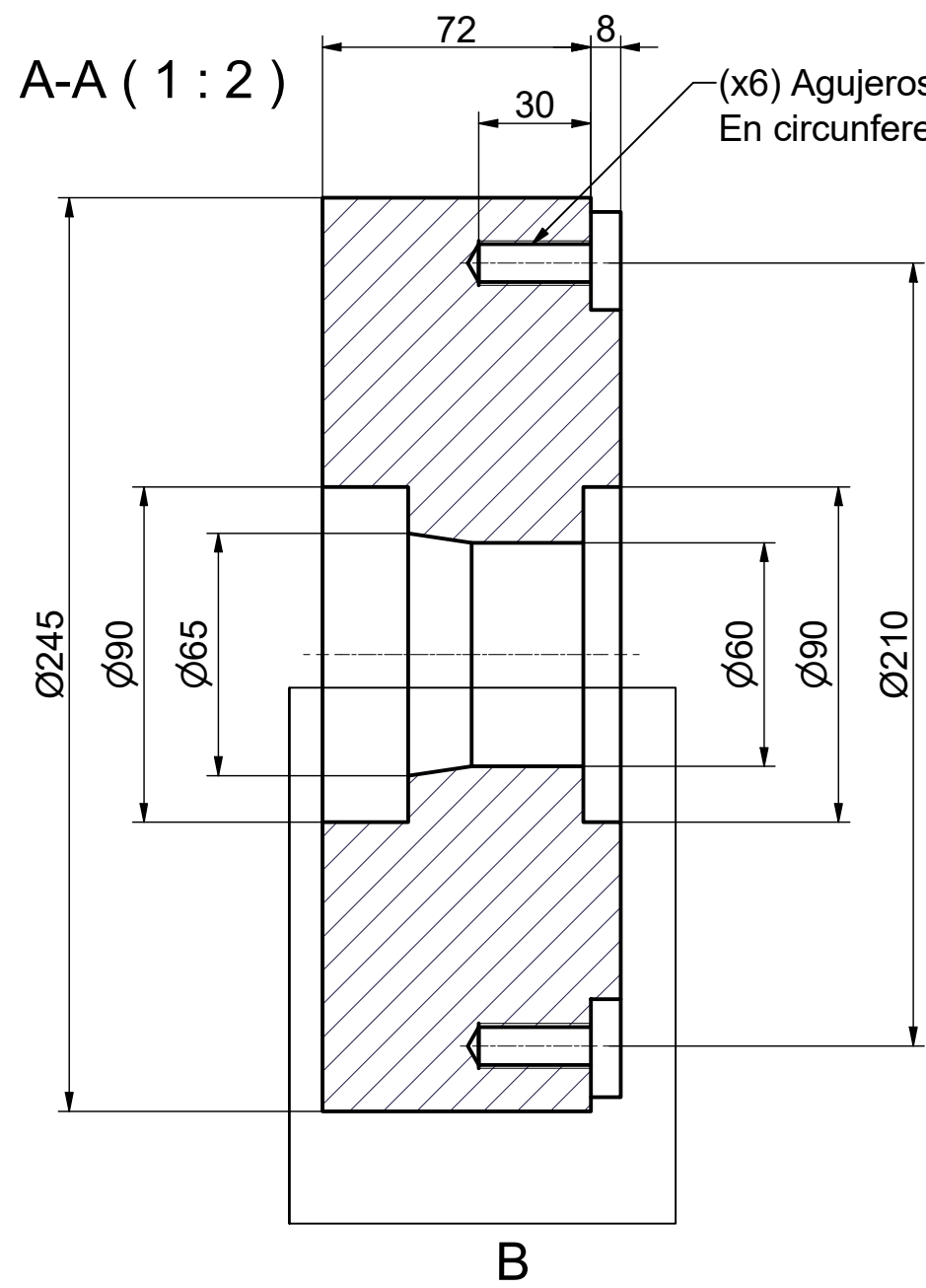
Table 6: EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS

ANSI	DIN - ISO 1302	CLASE	FINA	MEDIA	BURDA	FINA	MEDIA	BURDA
16	8	0.2	0.05	0.1	0.15	0.05	0.1	0.15
32	16	0.5	0.15	0.3	0.45	0.15	0.3	0.45
63	32	1.0	0.3	0.6	0.9	0.3	0.6	0.9
125	63	1.5	0.6	1.2	1.8	0.6	1.2	1.8
250	125	2.0	1.2	2.4	3.6	1.2	2.4	3.6
500	250	3.0	2.0	4.0	6.0	2.0	4.0	6.0

ANEXO B

PLANOS PARA LA FABRICACIÓN DE PORTAFILTRO





CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:

1. Fabricación y/o montaje.
2. Cambios dimensionales.
3. Especificaciones de soldadura.

Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.

UNIVERSIDAD EAFIT

Descripción:
FLANCHE PARA BUJE DE ENTRADA DEL PORTAFILTROS

Equipo:
PORTAFILTROS

Maquina:
EXTRUSORA

Material:
ACERO AISI 4340

Escala:
1:1

Tratamiento:

Dureza:

Medidas en mm.

Dibujó
DANIEL JARAMILLO

Proyección

Acabados:

Cantidad:
1

Soldaduras:
AWS

Documento No.:
EXT01-503

Reemplaza a:

Hoja: 2

De:

ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL, NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA

Peso: 25,879 kg

Fecha: 9/07/2019

Revisó

Aprobó

Proyección

Acabados:

Ubicación Archivo:

EQUIVALENCIAS DE ACABADOS				EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS											
ANSI	DIN - ISO 1302			NORMA DIN - ISO 2768-1 DIN 7168											
				MILIMETROS ±						PULGADAS ±					
				DE CLASE	MAQUINADO	CAUCHOS PLÁSTICO	CAUCHOS PLÁSTICO	CAUCHOS PLÁSTICO	CAUCHOS PLÁSTICO	DE CLASE	MAQUINADO	CAUCHOS PLÁSTICO	CAUCHOS PLÁSTICO	CAUCHOS PLÁSTICO	CAUCHOS PLÁSTICO
				FINA (f)	MEDIA (m)	BURDA (g)	CAUCHOS PLÁSTICO	CAUCHOS PLÁSTICO	CAUCHOS PLÁSTICO	FINA (f)	MEDIA (m)	BURDA (g)	CAUCHOS PLÁSTICO	CAUCHOS PLÁSTICO	CAUCHOS PLÁSTICO
4				0	0,05	0,1	0,15	NA	0	0	0,002	0,004	0,008	NA	0
8				3	0,1	0,1	0,2	0,5	1	0	0,002	0,004	0,008	NA	1/64
16				6	0,30	0,50	0,2	0,5	1	0	0,004	1/128	3/128	1/32	1/32
32				12	1,0	1,5	0,8	1,5	4	1/8	0,006	1/64	1/32	1/16	1/16
63				30	3,0	4,0	1,2	2,5	12	1/4	0,012	3/128	3/64	3/32	3/32
125				120	10,0	15,0	3,0	6,3	39	3/8	0,025	1/64	1/32	3/32	1/16
250				400	30,0	40,0	6,0	10	63	1	0,05	3/128	3/64	1/8	3/16
500				800	60,0	80,0	12,0	20	125	2	0,1	1/64	1/32	1/16	1/8
				1600	120,0	160,0	24,0	40	250	4	0,2	3/128	3/64	1/8	3/16
				3200	240,0	320,0	48,0	80	500	8	0,5	1/32	3/32	5/32	1/4
				6400	480,0	640,0	96,0	160	1000	16	1,0	1/16	1/16	1/8	1/4
				12800	960,0	1280,0	192,0	320	1575	32	2,0	1/8	1/8	1/4	3/8
DIN - ISO 1302 EN MICROMETROS ANSI EN MICROPULGADAS															



**UNIVERSIDAD
EAFIT®**

ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL,
NO PODRÁ SER USADO Ó REPRODUCIDO TOTAL O
PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA

--	--	--

1	2	3
4	5	6

	Revisó	Aprobó

Peso: 6,350 kg	Fecha: 9/07/2019
----------------	------------------

Ubicación Archivo:

C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\EXT01\EXT01-016-Biela Portafiltro.ipt

CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:

1. Fabricación y/o montaje.
2. Cambios dimensionales.
3. Especificaciones de soldadura.

Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.

Descripción:

BIELA PARA CAMBIO DE FILTROS PARA EXTRUSORA DE PVC

Equipo:
PORTAFILTROS

Maquina:	EXTRUSORA
----------	-----------

Material:

ACERO AIST 1020

[illegible]

Exemple:

1:2

Durezza:

Medidas en mm

Dibujó
DANIEL JARAMILLO


Cantidad:	
-----------	--

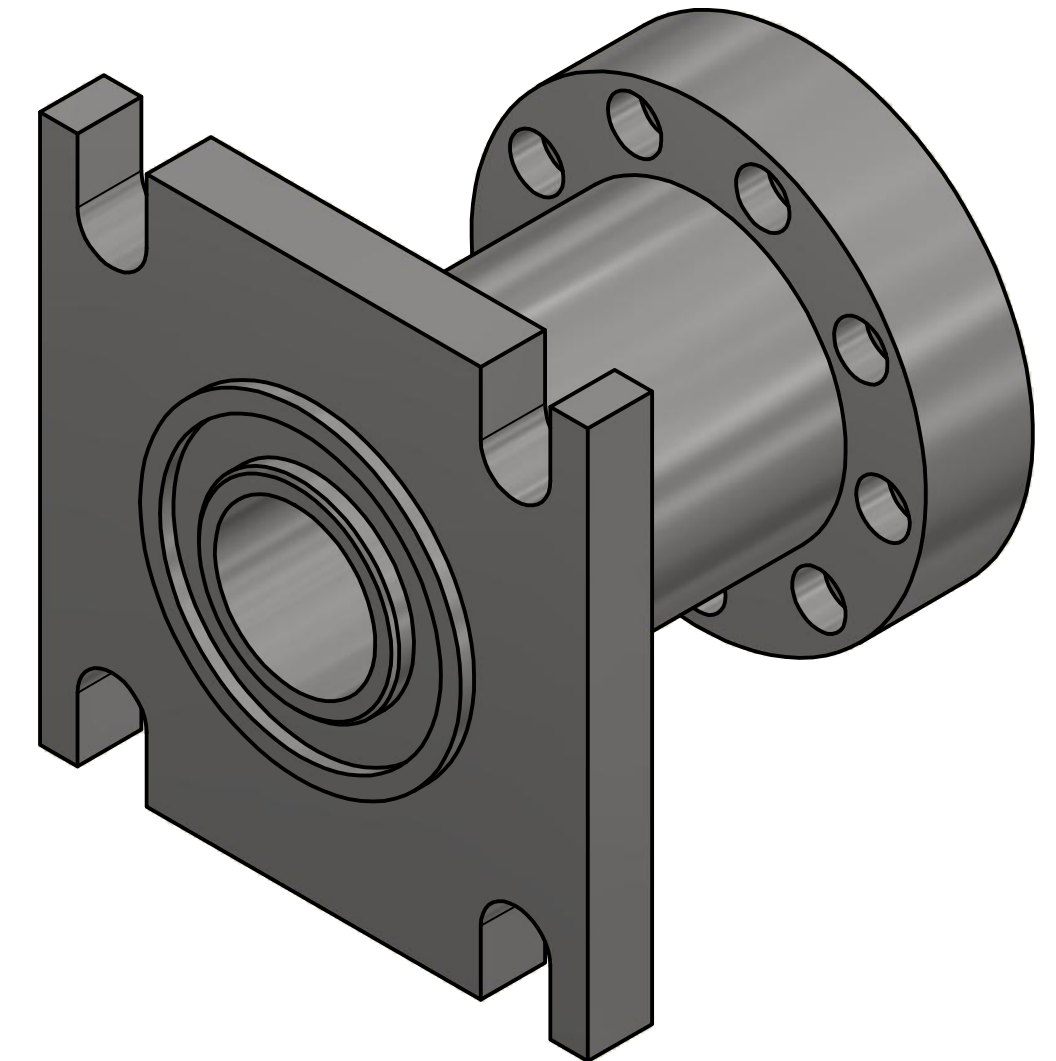
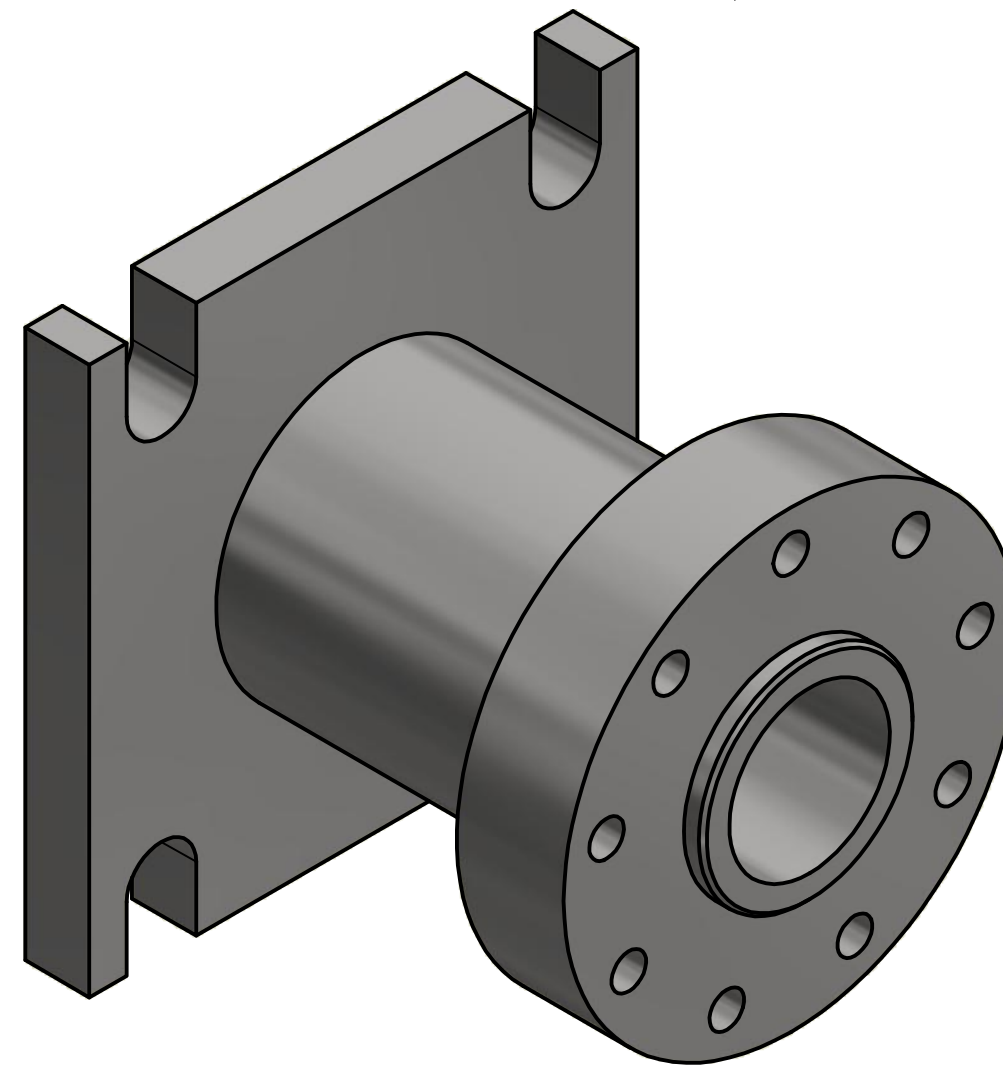
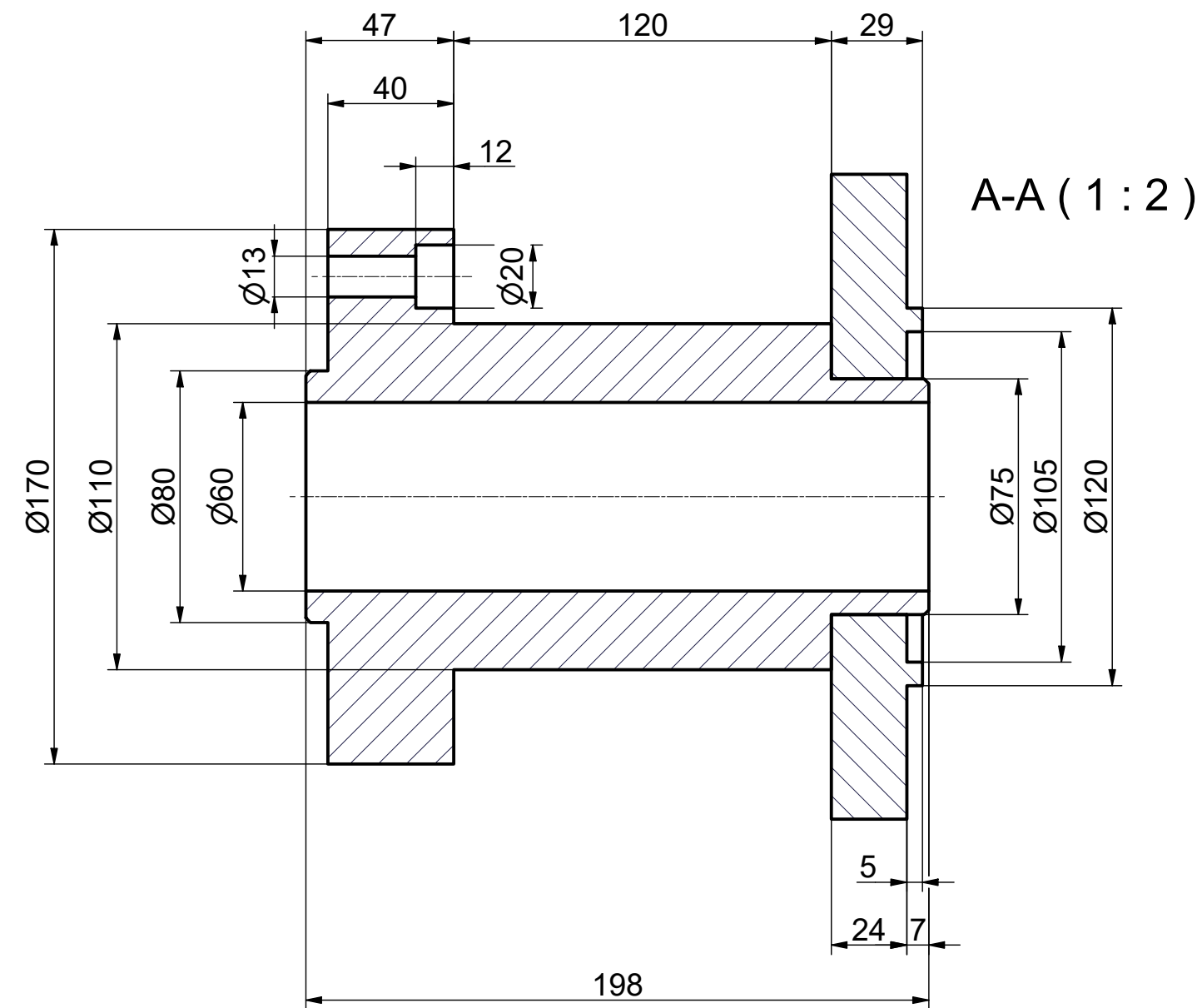
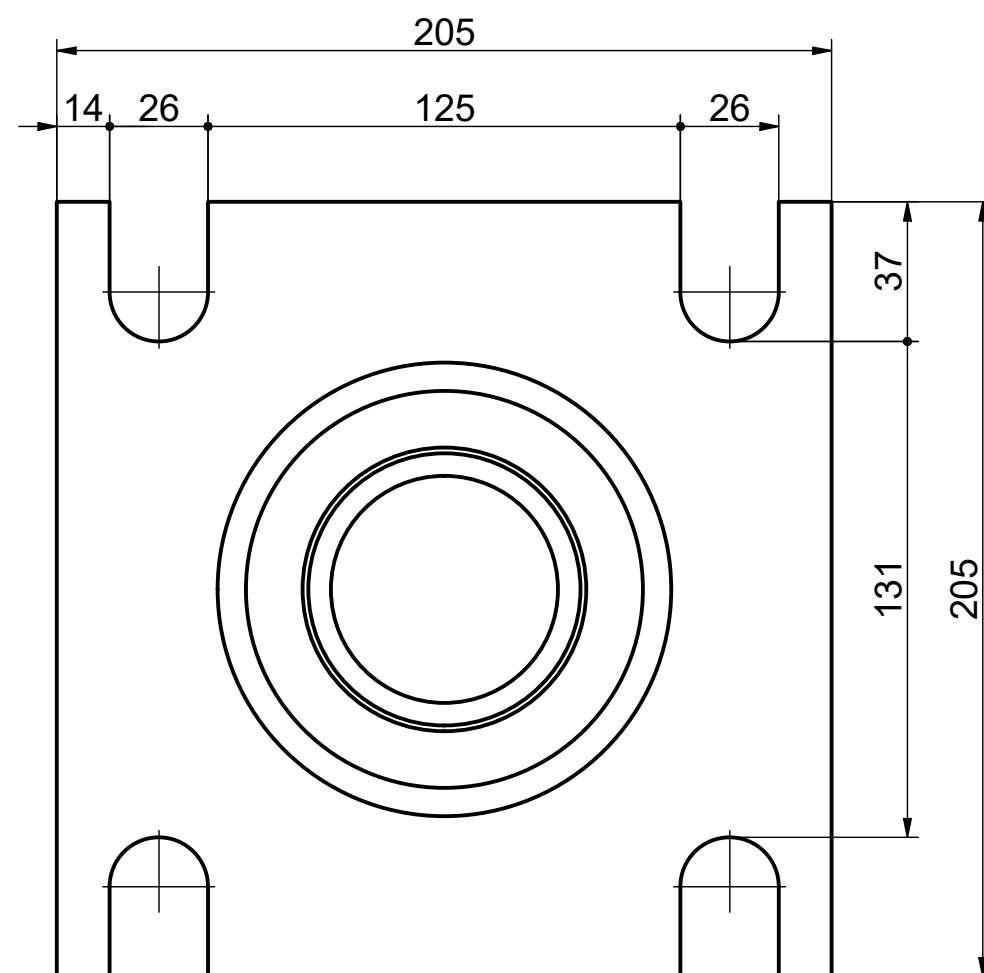
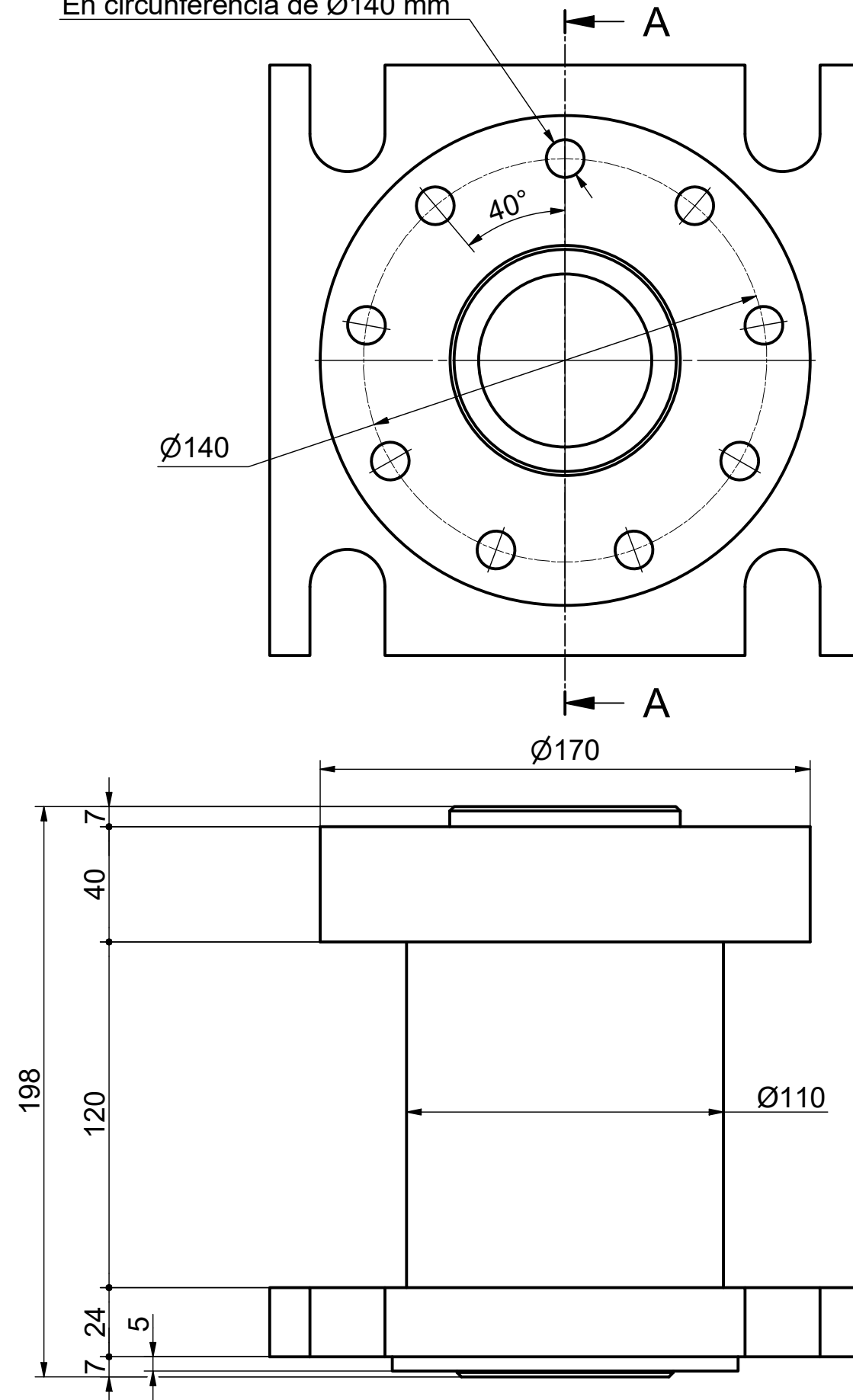
Reconstrucción: 6/5
Soldaduras:

Continued.

Documento No.:
EXT01-503

Hoja: 3
De:

(x9) Agujeros Ø13 pasantes
Abocardado  20 x ▽12 mm
En circunferencia de Ø140 mm



EQUIVALENCIAS DE ACABADOS			EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS															
ANSI	DIN - ISO 1302		NORMA DIN - ISO 2768-1 DIN 7168															
			MILIMETROS ±						PULGADAS ±									
			DE 10 A 30		DE 30 A 120		DE 120 A 400		DE 400 A 1000		DE 10 A 30		DE 30 A 120		DE 120 A 400		DE 400 A 1000	
			CLASE	FINA	MEDIA	BURDA	CAUCHOS PLASTICO	CAUCHOS PLASTICO	CAUCHOS PLASTICO	CAUCHOS PLASTICO	FINA	MEDIA	BURDA	CAUCHOS PLASTICO	CAUCHOS PLASTICO	CAUCHOS PLASTICO	CAUCHOS PLASTICO	CAUCHOS PLASTICO
4		0.1	0	0,05	0,1	0,15	NA	0	1/4	0,002	0,004	0,008	1	1/16	0,002	0,004	0,008	1
8		0.2	3	0,05	0,1	0,2	0,5	1	1/4	0,002	0,004	0,008	1	1/16	0,002	0,004	0,008	1
16		0.4	6	0,10	0,2	0,5	1	1/4	1/8	0,004	1/128	3/128	1	1/16	0,004	1/128	3/128	1
32		0.8	10	0,15	0,3	0,8	1,5	2/8	4	0,006	1/64	1/32	1	1/16	0,006	1/64	1/32	1
63		1.6	30	0,2	0,5	1,2	2,5	4	12	1/128	3/128	3/64	3	1/16	1/128	3/128	3/64	3
125		3.2	120	0,3	0,8	2	4	12	39	1/64	1/32	3/32	3	1/16	1/64	1/32	3/32	3
250		6.3	400	0,5	1,2	3	6	39	78	3/128	3/64	1/8	3	1/16	3/128	3/64	1/8	3
500		12.5	1000	0,8	2	4	8	78	157	1/32	3/32	5/32	5	1/16	1/32	3/32	5/32	5
			2000	0,5	2	4	8	78	157	1/32	3/32	5/32	5	1/16	1/32	3/32	5/32	5
DIN - ISO 1302 en MICROMETROS			DIN - ISO 2768-1 en MILIMETROS															
ANSI en MICROPULGADAS			ANSI en PULGADAS															
			DE 10 A 30		DE 30 A 120		DE 120 A 400		DE 400 A 1000		DE 10 A 30		DE 30 A 120		DE 120 A 400		DE 400 A 1000	
			CLASE	FINA	MEDIA	BURDA	CAUCHOS PLASTICO	CAUCHOS PLASTICO	CAUCHOS PLASTICO	CAUCHOS PLASTICO	FINA	MEDIA	BURDA	CAUCHOS PLASTICO	CAUCHOS PLASTICO	CAUCHOS PLASTICO	CAUCHOS PLASTICO	CAUCHOS PLASTICO
			0	0,05	0,1	0,15	NA	0	1/4	0,002	0,004	0,008	1	1/16	0,002	0,004	0,008	1
			3	0,05	0,1	0,2	0,5	1	1/4	0,002	0,004	0,008	1	1/16	0,002	0,004	0,008	1
			6	0,10	0,2	0,5	1	1/4	1/8	0,004	1/128	3/128	1	1/16	0,004	1/128	3/128	1
			10	0,15	0,3	0,8	1,5	2/8	4	0,006	1/64	1/32	1	1/16	0,006	1/64	1/32	1
			30	0,2	0,5	1,2	2,5	4	12	1/128	3/128	3/64	3	1/16	1/128	3/128	3/64	3
			120	0,3	0,8	2	4	12	39	1/64	1/32	3/32	3	1/16	1/64	1/32	3/32	3
			400	0,5	1,2	3	6	39	78	3/128	3/64	1/8	3	1/16	3/128	3/64	1/8	3
			1000	0,8	2	4	8	78	157	1/32	3/32	5/32	5	1/16	1/32	3/32	5/32	5
			2000	0,5	2	4	8	78	157	1/32	3/32	5/32	5	1/16	1/32	3/32	5/32	5
			4000	0,8	2	4	8	78	157	1/32	3/32	5/32	5	1/16	1/32	3/32	5/32	5


Ubicación Archivo:

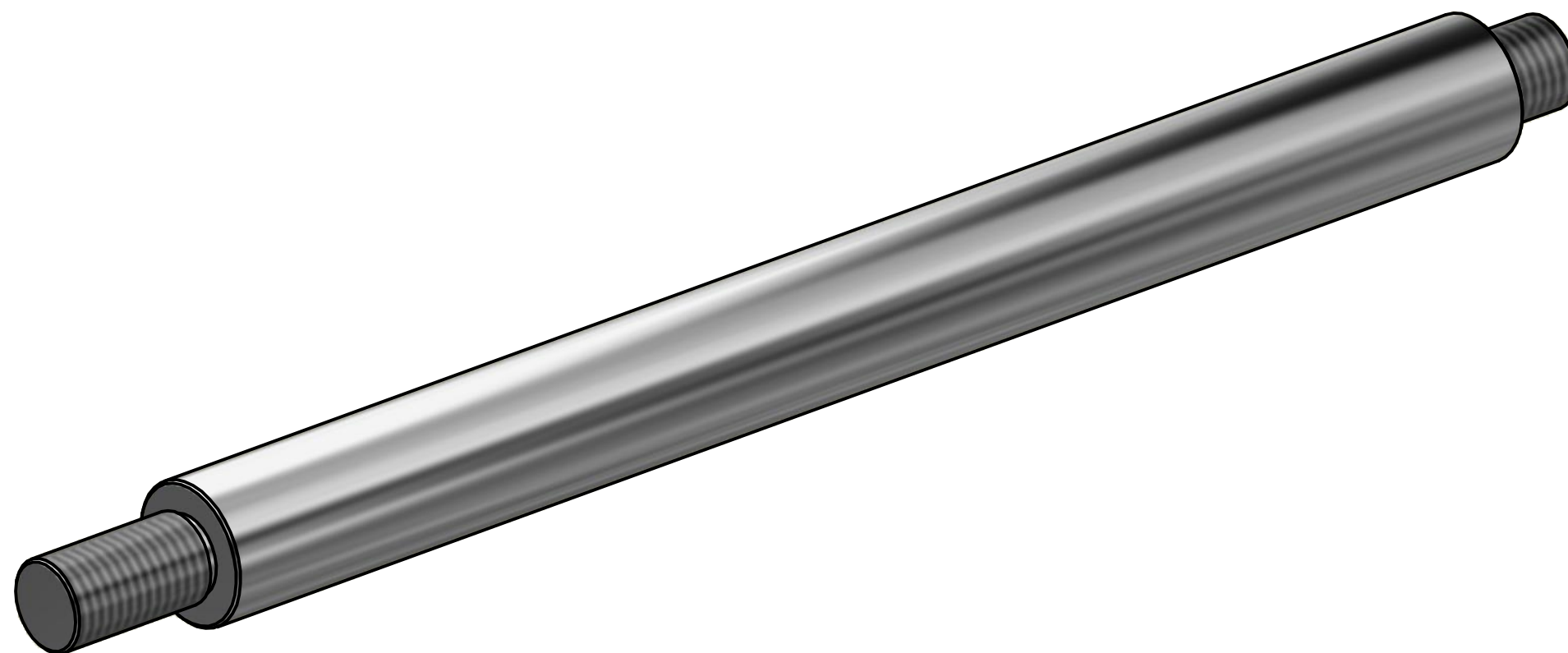
C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\EXT01\EXT01-022-Acople Cabezal.ipt

CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:

1. Fabricación y/o montaje.
2. Cambios dimensionales.
3. Especificaciones de soldadura.

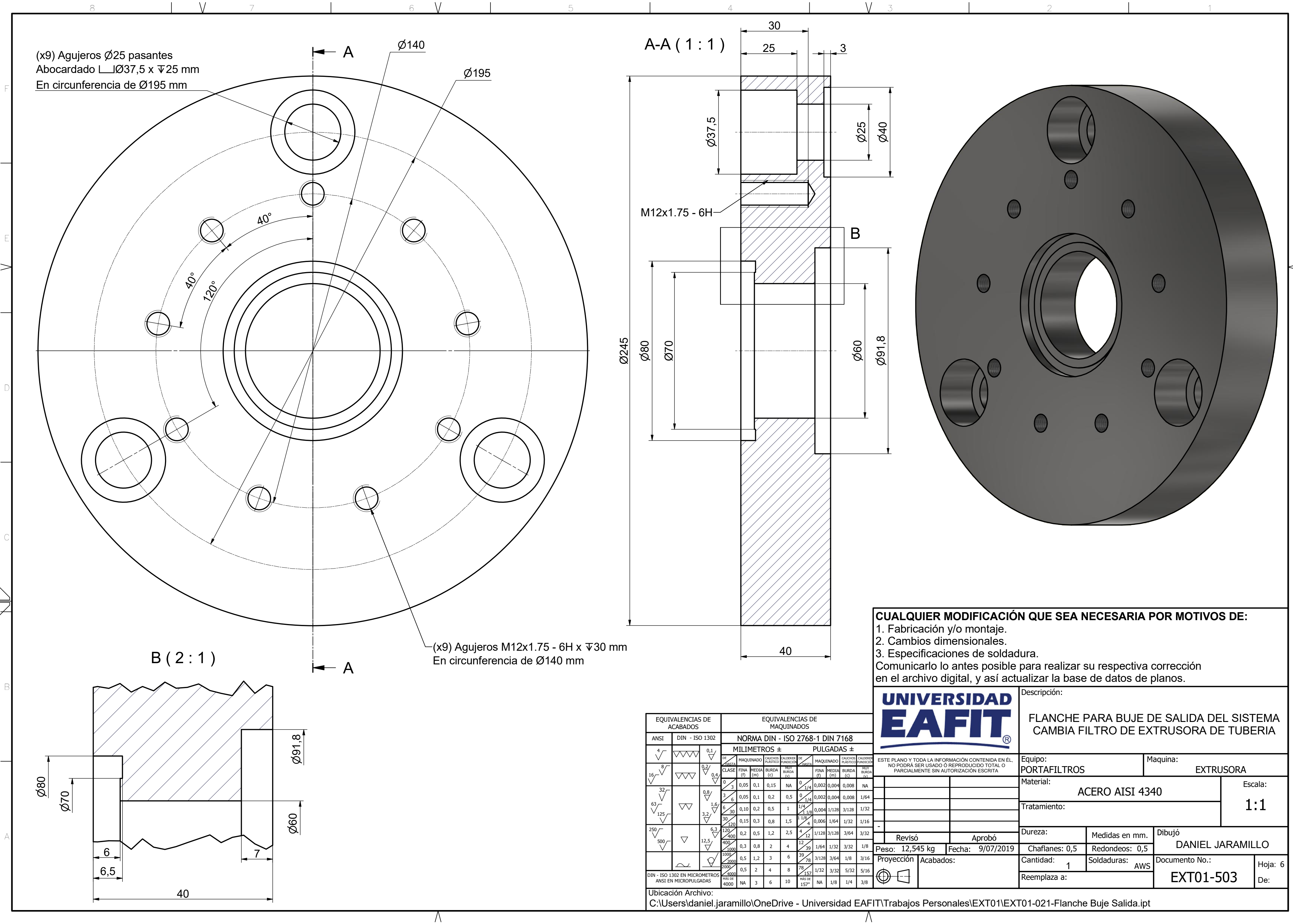
Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.

			Descripción:		
			ACOPLE PARA CABEZAL DE TUBERIA EN PVC		
ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL, NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA			Equipo:	Maquina:	
			PORTAFILTROS	EXTRUSORA	
			Material:		Escala:
			ACERO AISI 4340		1:2
			Tratamiento:		
			Dureza:	Medidas en mm.	Dibujó DANIEL JARAMILLO
			Chaflanes: 0,5	Redondeos: 0,5	
Peso: 19,024 kg			Fecha: 9/07/2019	Documento No.:	
Proyección			Cantidad: 1	Soldaduras: AWS	Hoja: 4
Acabados:			Reemplaza a:		De:
			EXT01-503		



EQUIVALENCIAS DE ACABADOS			EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS									
ANSI	DIN - ISO 1302		NORMA DIN - ISO 2768-1 2018									
			MILIMETROS ±					PULGADAS ±				
			DE CLASE	MAQUINADO FINA (F)	CAUCHOS PLÁSTICO MEDIA (M)	CAUCHOS PLÁSTICO BURODA (B)	CAUCHOS PLÁSTICO BURODA (B)	DE CLASE	MAQUINADO FINA (F)	CAUCHOS PLÁSTICO MEDIA (M)	CAUCHOS PLÁSTICO BURODA (B)	CAUCHOS PLÁSTICO BURODA (B)
4		0.1	0	0,05	0,1	0,15	NA	0	1/4	0,002	0,004	0,008
8		0.2	3	0,05	0,1	0,2	0,5	0	1/4	0,002	0,004	0,008
16		0.4	6	0,10	0,2	0,5	1	1/4	1/4	0,004	1/32	1/16
32		0.8	10	0,15	0,3	0,8	1,5	1/8	1/4	0,006	1/64	1/32
63		1.6	30	0,2	0,5	1,2	2,5	4	1/2	1/128	3/32	1/8
125		3.2	120	0,3	0,8	2	4	12	3/8	1/64	1/32	1/32
250		6.3	400	0,5	1,2	3	6	39	3/8	3/32	3/64	1/8
500		12.5	1000	0,8	2	4	8	78	1/2	1/16	1/16	1/4
			2000	1,2	3	6	10	157	3/4	3/32	3/32	5/32
			MAX DE 4000	2	4	8		MAX DE 157"	1	1/8	1/8	1/4
DIN - ISO 1302 EN MICROMETROS ANSI EN MICROPULGADAS												

C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\EXT01\EXT01-023-Eje-Mango Cambia Filtro.ipt



(x9) Agujeros Ø25 pasantes
Abocardado \perp Ø37,5 x ∇ 25 mm
En circunferencia de Ø195 mm

A-A (1 : 1)

B (2 : 1)

(x9) Agujeros M12x1.75 - 6H x ∇ 30 mm
En circunferencia de Ø140 mm

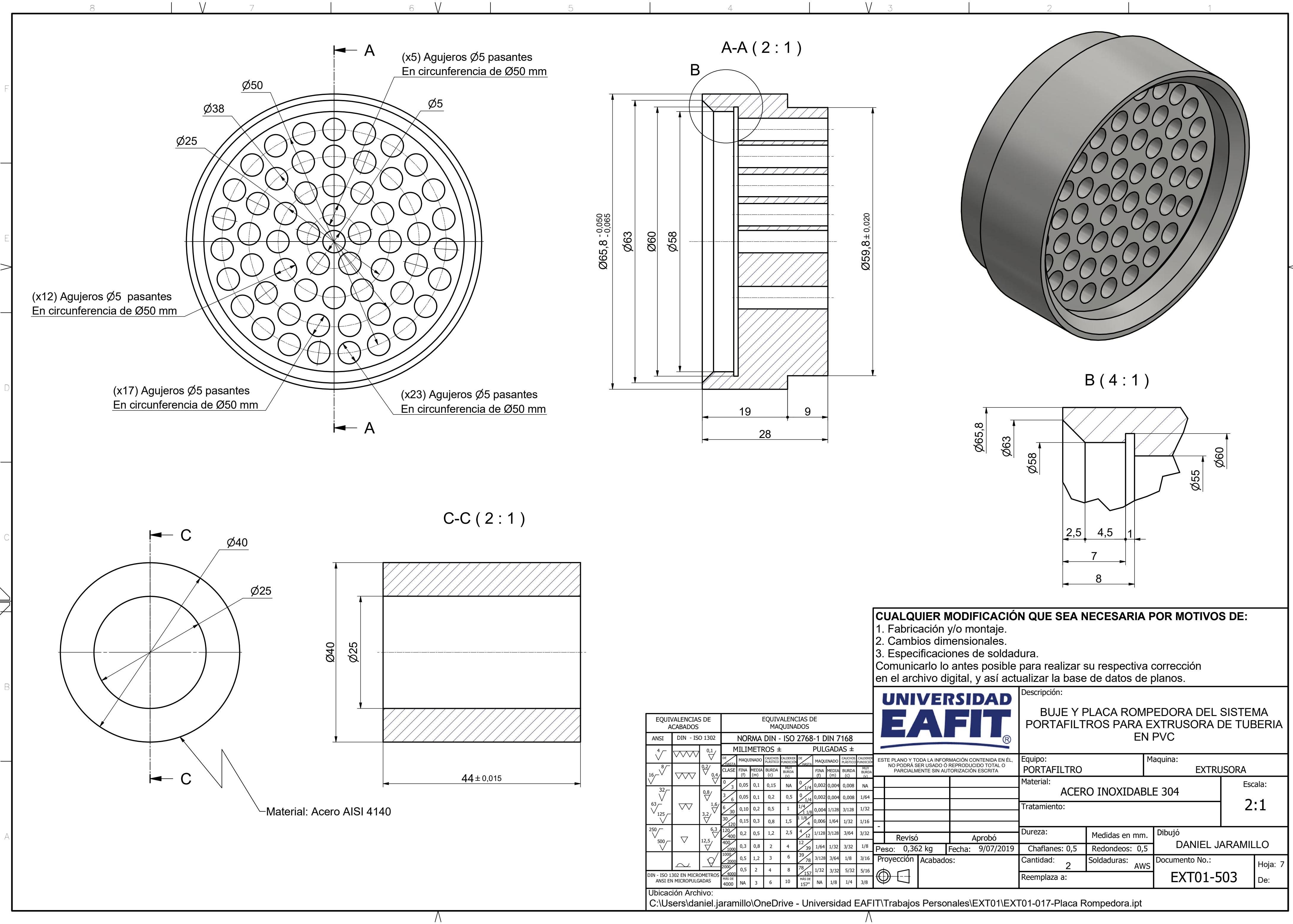
CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:
1. Fabricación y/o montaje.
2. Cambios dimensionales.
3. Especificaciones de soldadura.
Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.

UNIVERSIDAD EAFIT

ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL, NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA

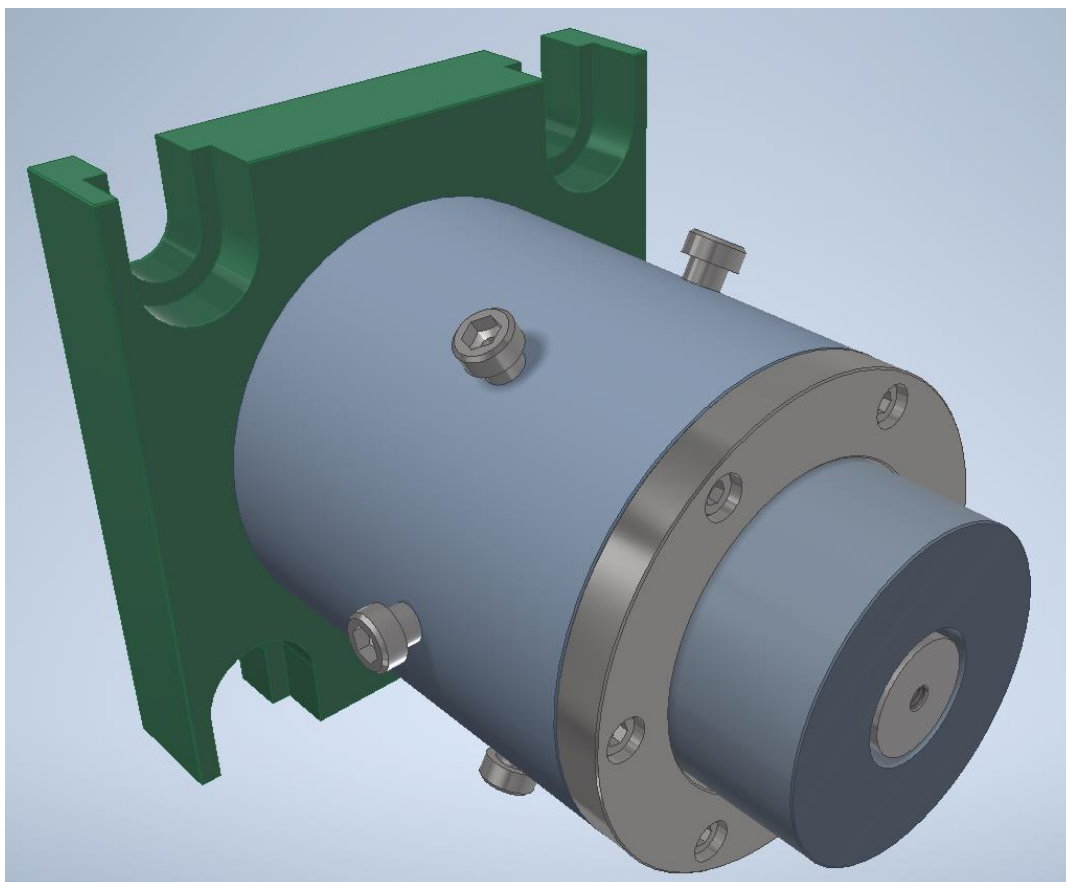
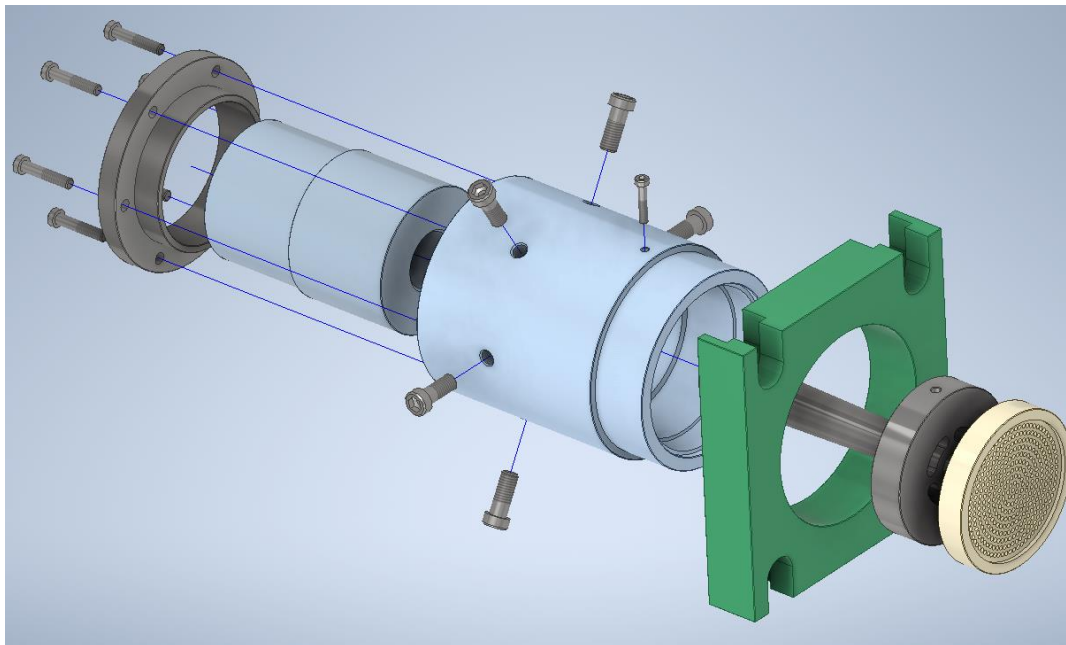
Descripción:			
FLANCHE PARA BUJE DE SALIDA DEL SISTEMA CAMBIA FILTRO DE EXTRUSORA DE TUBERIA			
Equipo:	Maquina:		
PORTAFILTROS	EXTRUSORA		
Material:	Escala:		
ACERO AISI 4340	1:1		
Tratamiento:			
Dureza:	Medidas en mm.	Dibujó	
Chafilanes: 0,5	Redondeos: 0,5	DANIEL JARAMILLO	
Cantidad: 1	Soldaduras: AWS	Documento No.:	Hoja: 6
Reemplaza a:	EXT01-503		De:

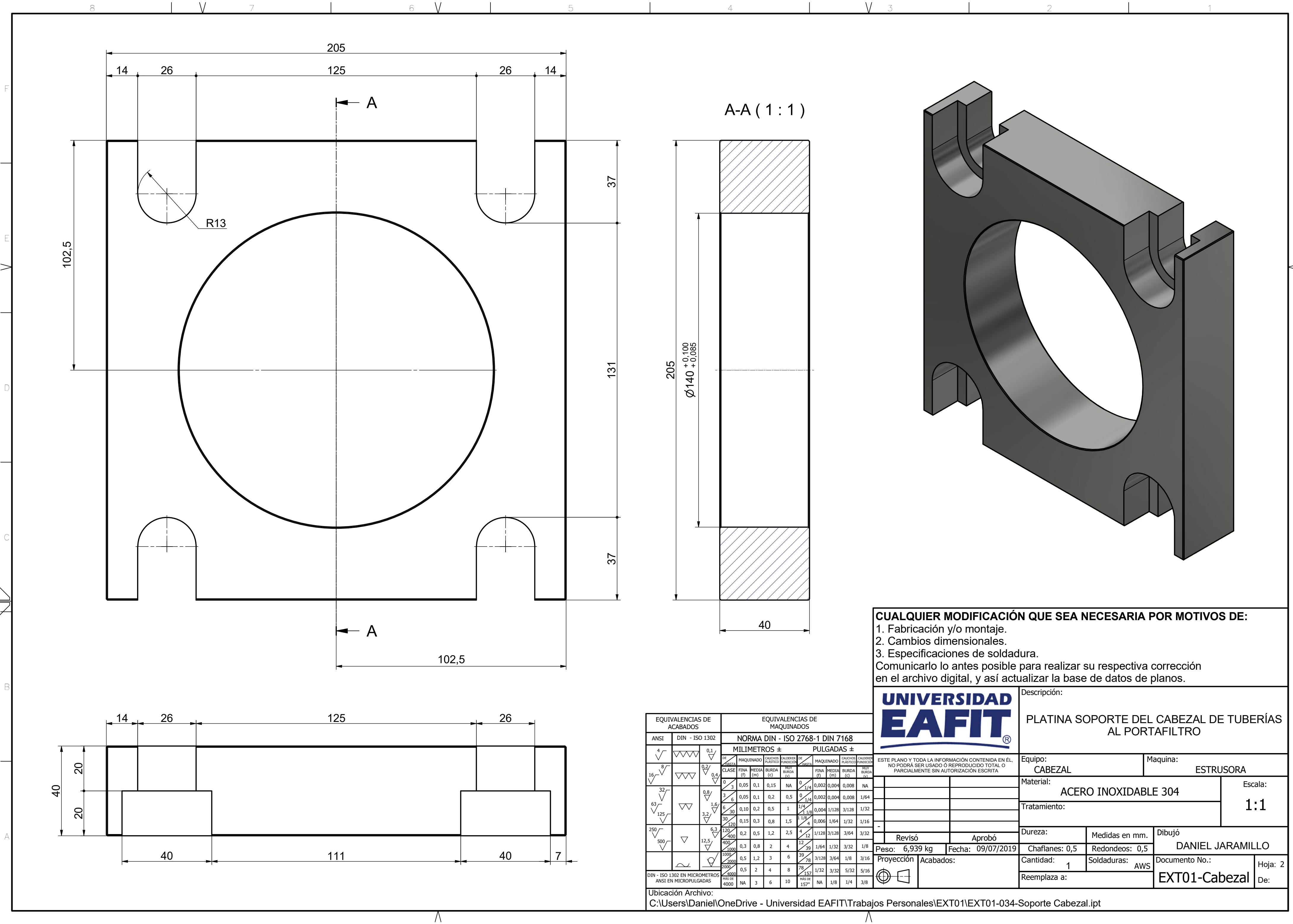
Ubicación Archivo:
C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\EXT01\EXT01-021-Flanche Buje Salida.ipt



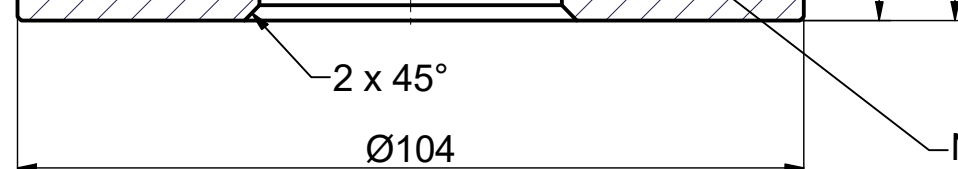
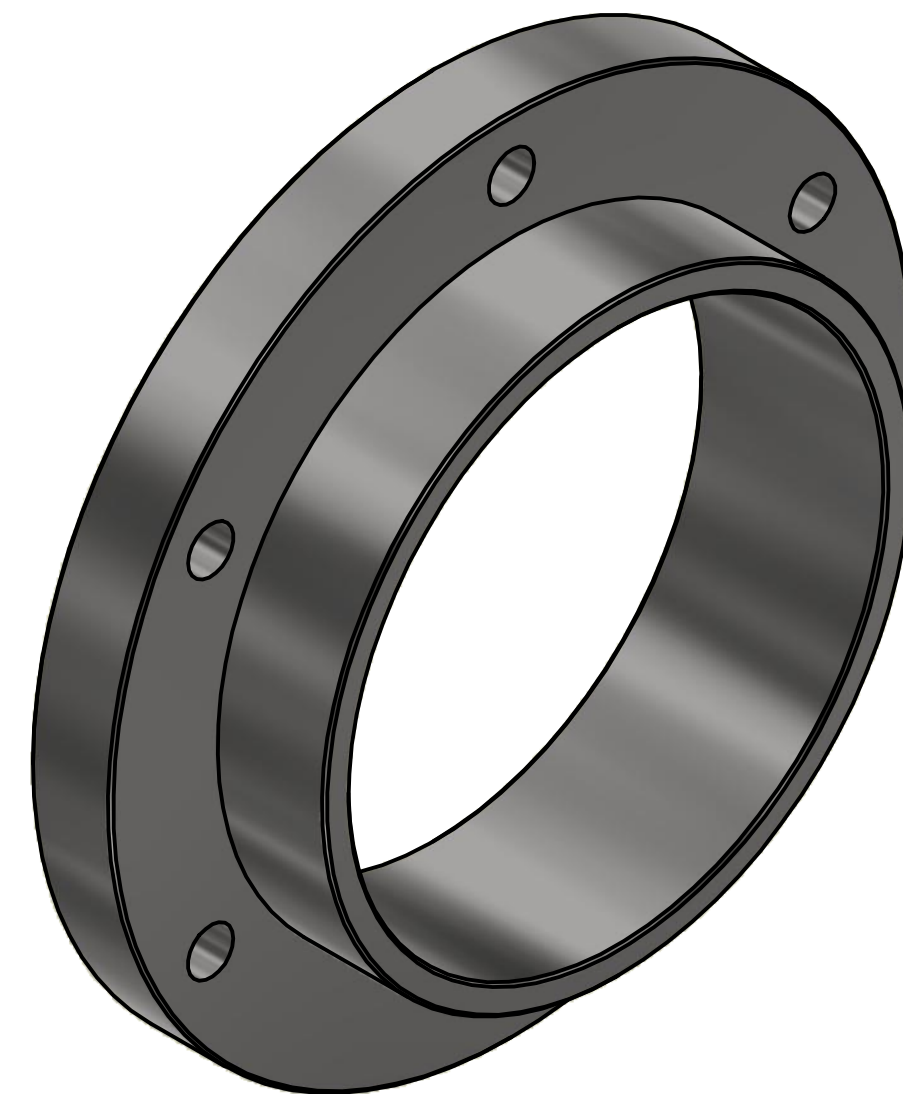
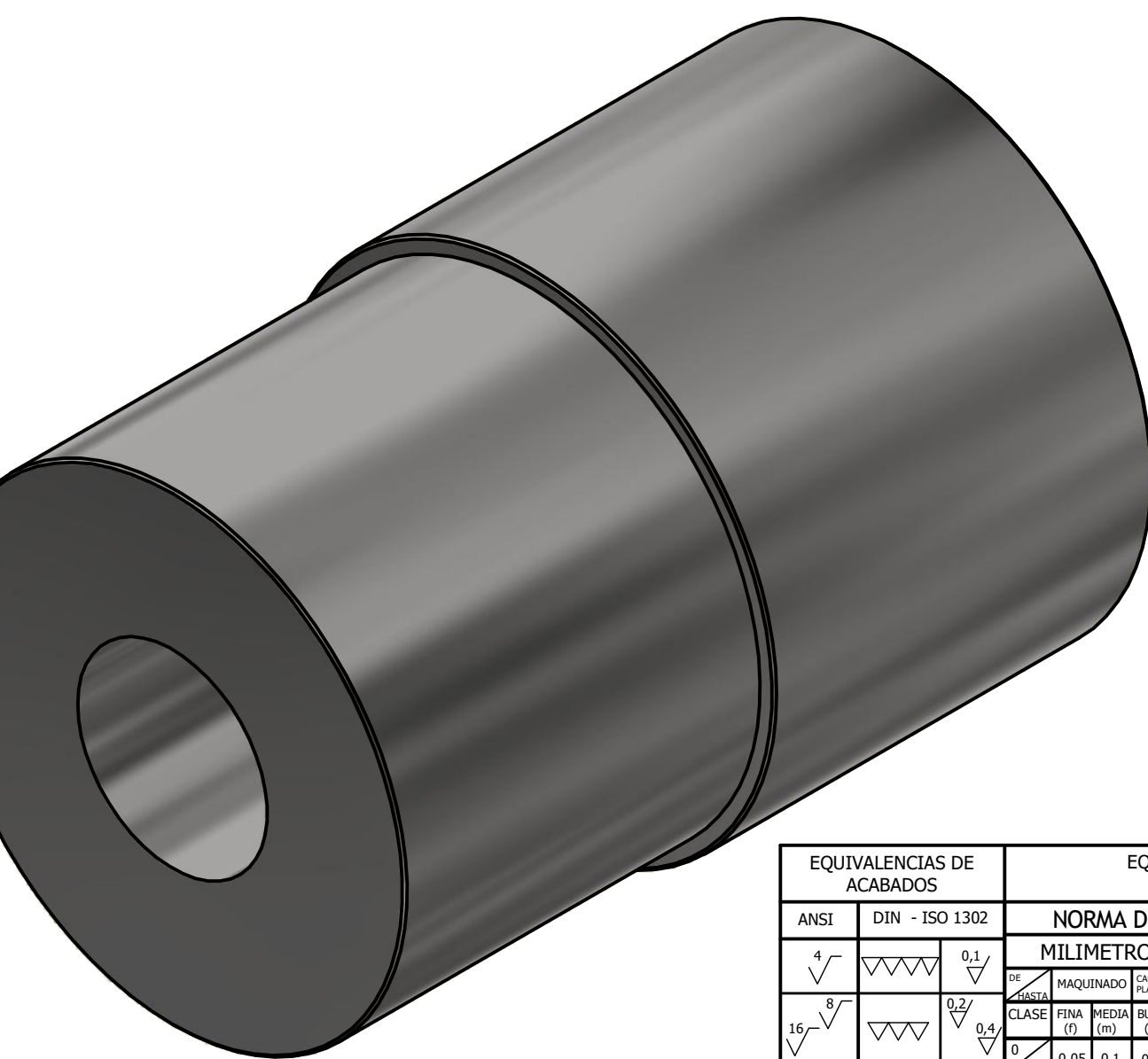
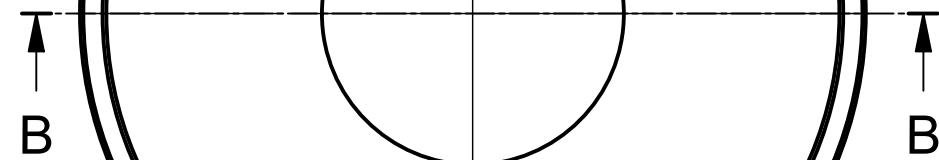
ANEXO C

PLANOS PARA LA FABRICACIÓN DEL CABEZAL DE TUBERÍAS Y MANGUERAS





CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE: 1. Fabricación y/o montaje. 2. Cambios dimensionales. 3. Especificaciones de soldadura. Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.			
UNIVERSIDAD EAFIT		Descripción: PLATINA SOPORTE DEL CABEZAL DE TUBERÍAS AL PORTAFILTRO	
Este plano y toda la información contenida en él, no podrá ser usado o reproducido total o parcialmente sin autorización escrita.		Equipo: CABEZAL	Maquina: ESTRUSORA
		Material: ACERO INOXIDABLE 304	Escala: 1:1
		Tratamiento:	
		Dureza:	Medidas en mm.
		Chafanes: 0,5	Redondeos: 0,5
		Cantidad: 1	Soldaduras: AWS
		Reemplaza a:	Documento No.: EXT01-Cabezal
			De:
Ubicación Archivo: C:\Users\Daniel\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\EXT01\EXT01-034-Soporte Cabezal.ipt			



—NOTA: La superficie interna de la Hembra debe de ser pulida, hasta obtener acabado espejo.


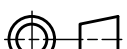
EQUIVALENCIAS DE ACABADOS			EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS														
ANSI			DIN - ISO 1302			NORMA DIN - ISO 2768-1 DIN 7168											
			MILIMETROS ±						PULGADAS ±								
			DE CLASE		MAQUINADO		CAUCHOS PLASTICO		CALDERINES FONDECION		DE CLASE		MAQUINADO		CAUCHOS PLASTICO		
			FINA (F)		MEDIA (M)		BURODA (B)		BURODA (B)		FINA (F)		MEDIA (M)		BURODA (B)		
4		0,1	0	3	0,05	0,1	0,15	NA	0	1/4	0,002	0,004	0,008	1	1/8	0,016	
8		0,2	3	6	0,05	0,1	0,2	0,5	0	1/4	0,002	0,004	0,008	1	1/8	0,016	
16		0,4	6	30	0,10	0,2	0,5	1	1/4	1/8	0,004	1/328	1/328	1	1/8	0,016	
32		0,8	30	120	0,15	0,3	0,8	1,5	2	1/8	4	0,006	1/64	1/32	1	1/8	
63		1,6	120	400	0,2	0,5	1,2	2,5	4	12	1	1/328	3/328	3/64	3	3/32	
125		3,2	400	1000	0,3	0,8	2	4	12	39	1	1/64	1/32	3/32	3	3/32	
250		6,3	1000	2000	0,5	1,2	3	6	39	78	3	3/328	3/64	1/8	3	3/32	
500		12,5	2000	4000	0,5	2	4	8	78	157	3	1/32	3/32	5/32	3	3/32	
DIN - ISO 1302 en MICROMETROS			ANSI en MICROPULGADAS														
4000			NA														
3			NA														
1			NA														

Ubicación Archivo:

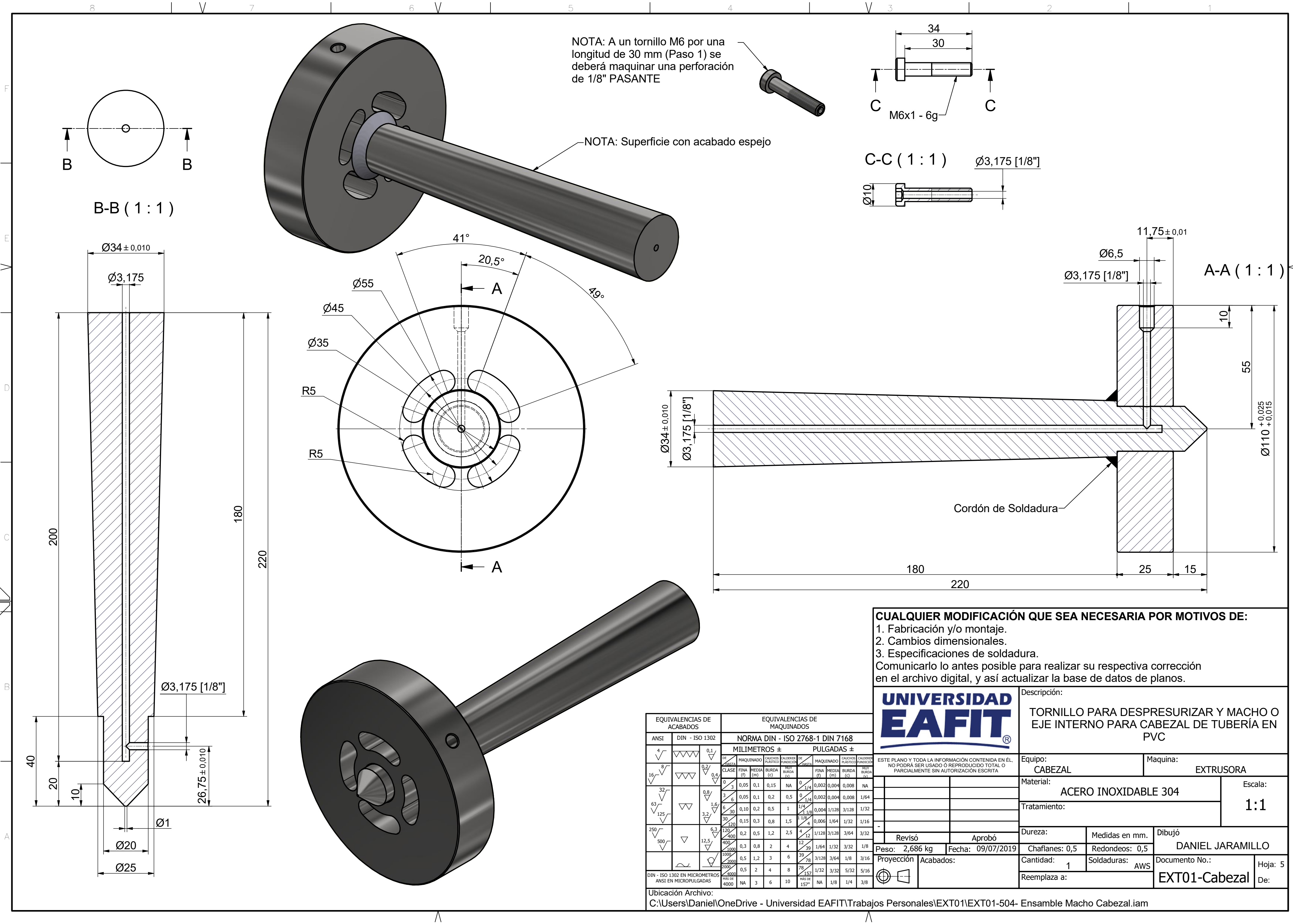
C:\Users\Daniel\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\EXT01\EXT01-030-Tapa Cabezal.ipt

1. Fabricación y/o montaje.
2. Cambios dimensionales.
3. Especificaciones de soldadura.

Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.

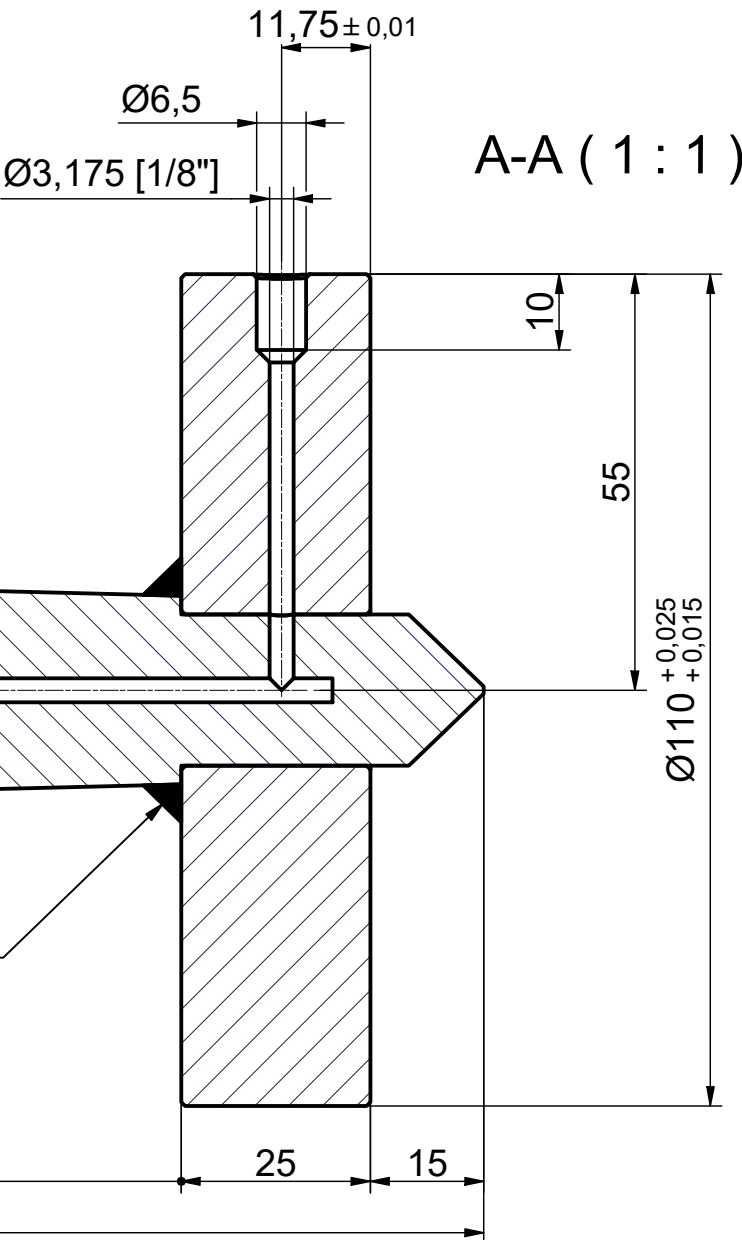
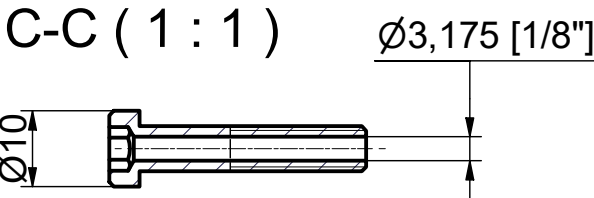
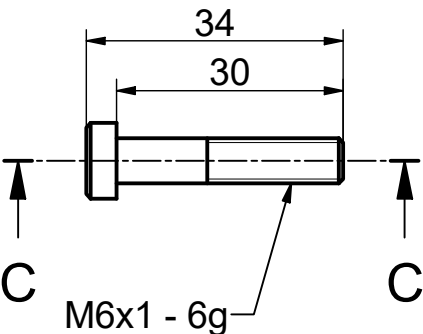
			Descripción:					
			HEMBRA Y TAPA PARA EL CABEZAL DE TUBERÍA EN PVC					
ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL, NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA			Equipo: CABEZAL			Maquina: EXTRUSORA		
			Material: ACERO INOXIDABLE 304			Escala: 1:1		
			Tratamiento:					
-			Dureza:			Medidas en mm.		
	Revisó	Aprobó	Dibujó DANIEL JARAMILLO					
Peso: 1,370 kg	Fecha: 09/07/2019		Chaflanes: 0,5			Redondeos: 0,5		
Proyección			Cantidad: 1			Soldaduras: AWS		
Acabados:			Reemplaza a:			Documento No.: EXT01-Cabezal		
						Hoja: 4 De:		

Trabajos Personales\EXT01\EXT01-030-Tapa Cabezal.ippt



NOTA: A un tornillo M6 por una longitud de 30 mm (Paso 1) se deberá maquinar una perforación de 1/8" PASANTE

NOTA: Superficie con acabado espejo

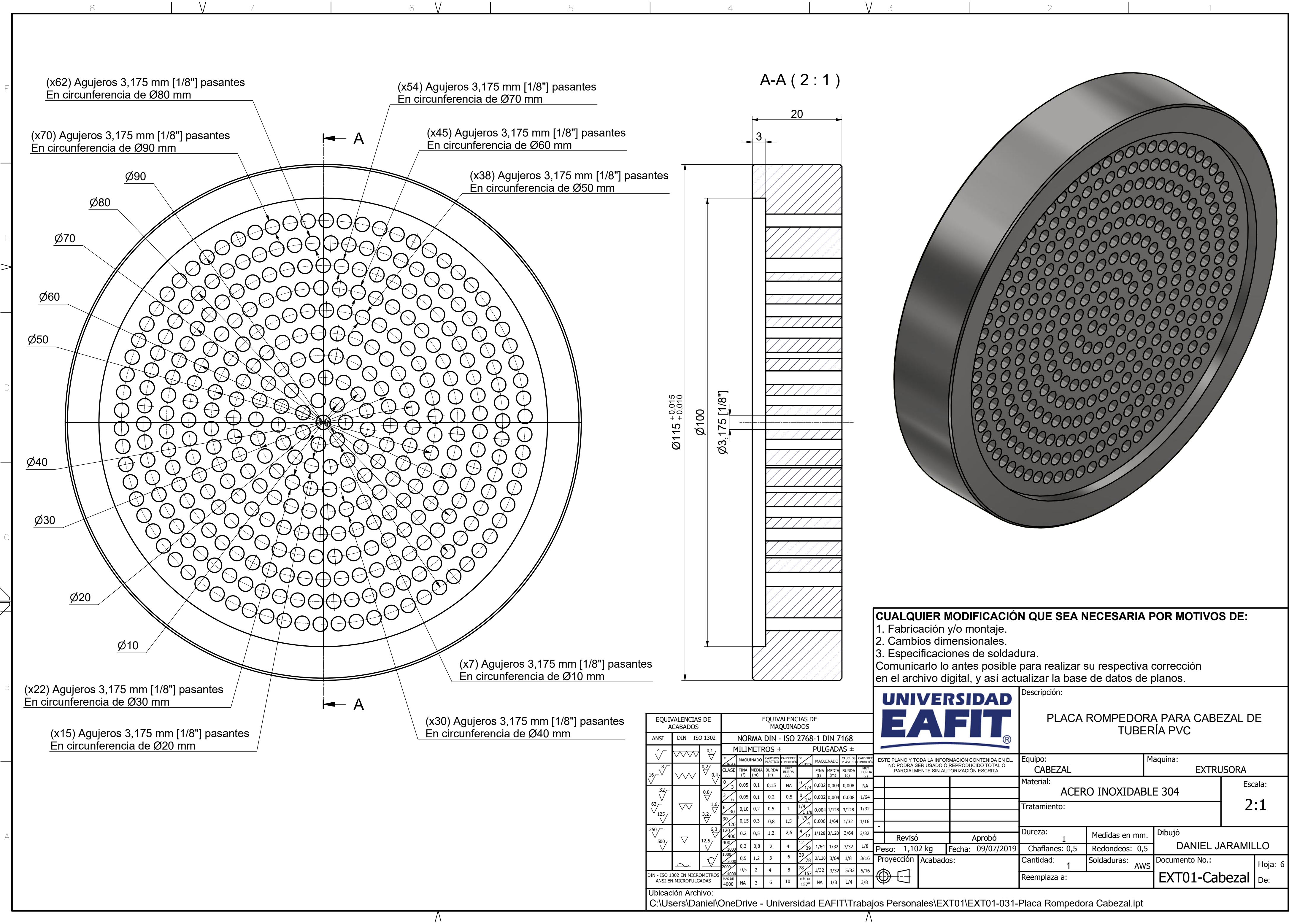


CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:
1. Fabricación y/o montaje.
2. Cambios dimensionales.
3. Especificaciones de soldadura.
Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.



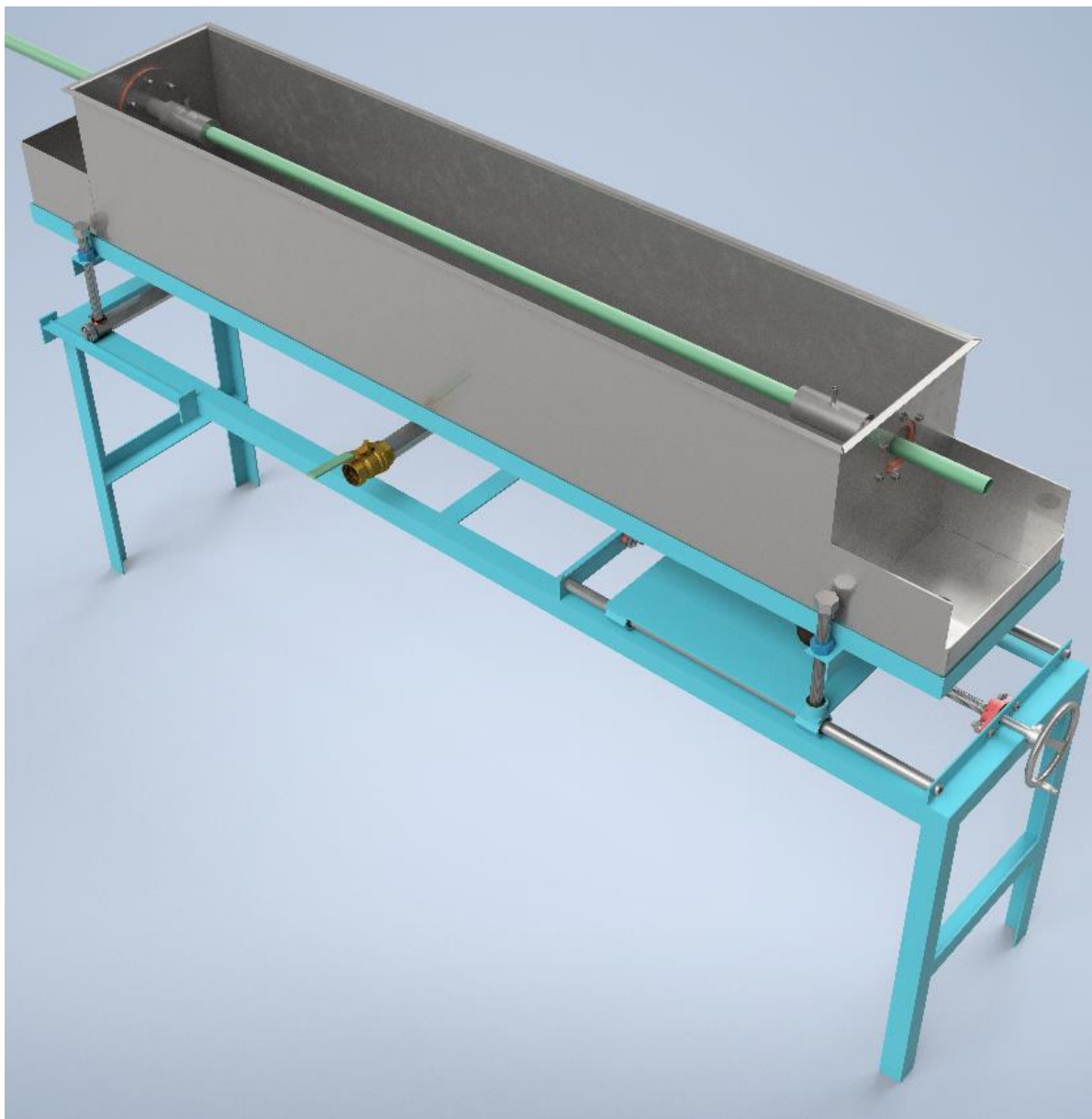
Descripción:				TORNILLO PARA DESPRESURIZAR Y MACHO O EJE INTERNO PARA CABEZAL DE TUBERÍA EN PVC	
Equipo:		Maquina:			
CABEZAL		EXTRUSORA			
Material:			Escala:		
ACERO INOXIDABLE 304			1:1		
Tratamiento:					
Dureza:	Medidas en mm.	Dibujó			
Chaflanes: 0,5	Redondeos: 0,5	DANIEL JARAMILLO			
Cantidad:	Soldaduras:	Documento No.:		Hoja: 5	
1	AWS	EXT01-Cabezal		De:	
Reemplaza a:					

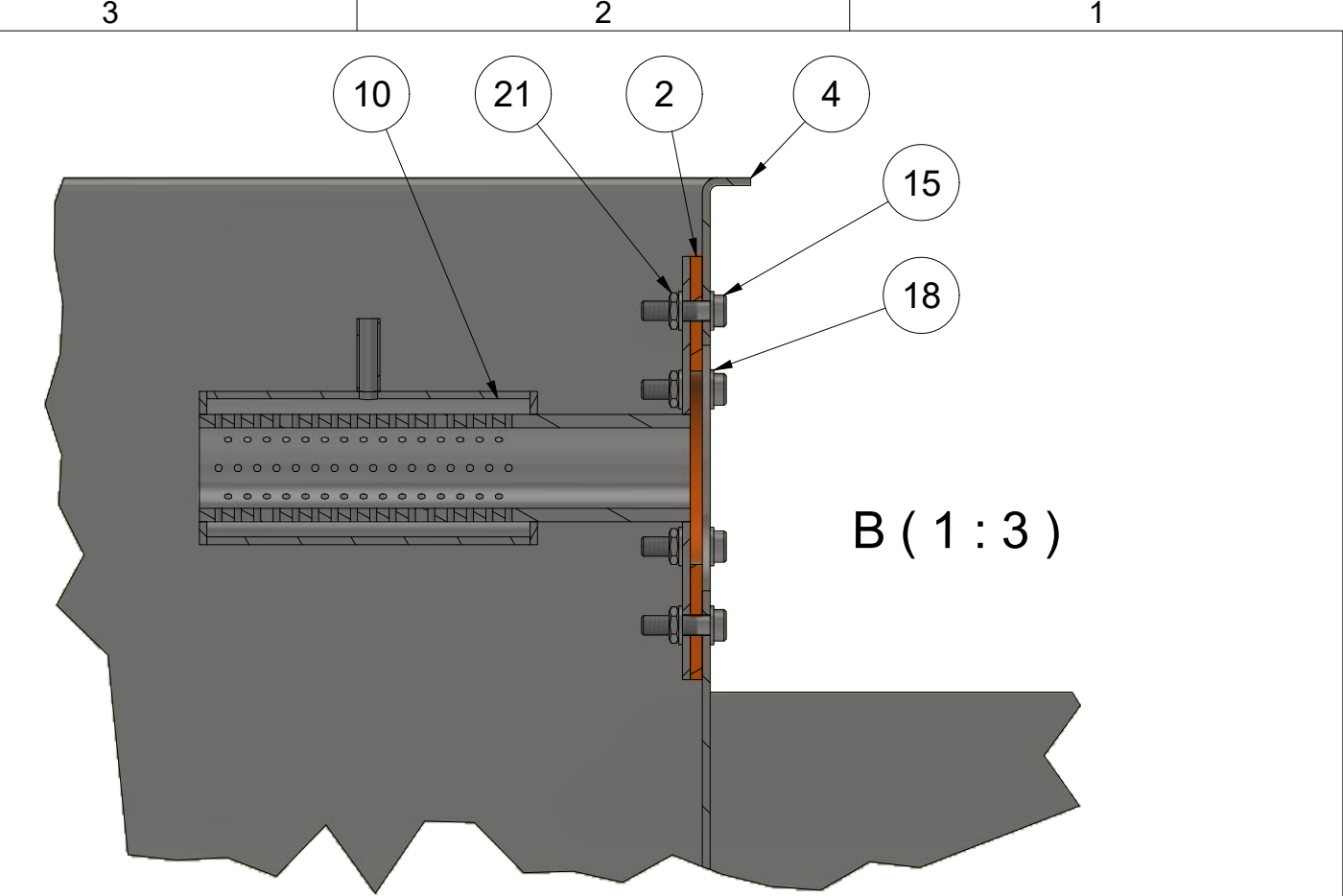
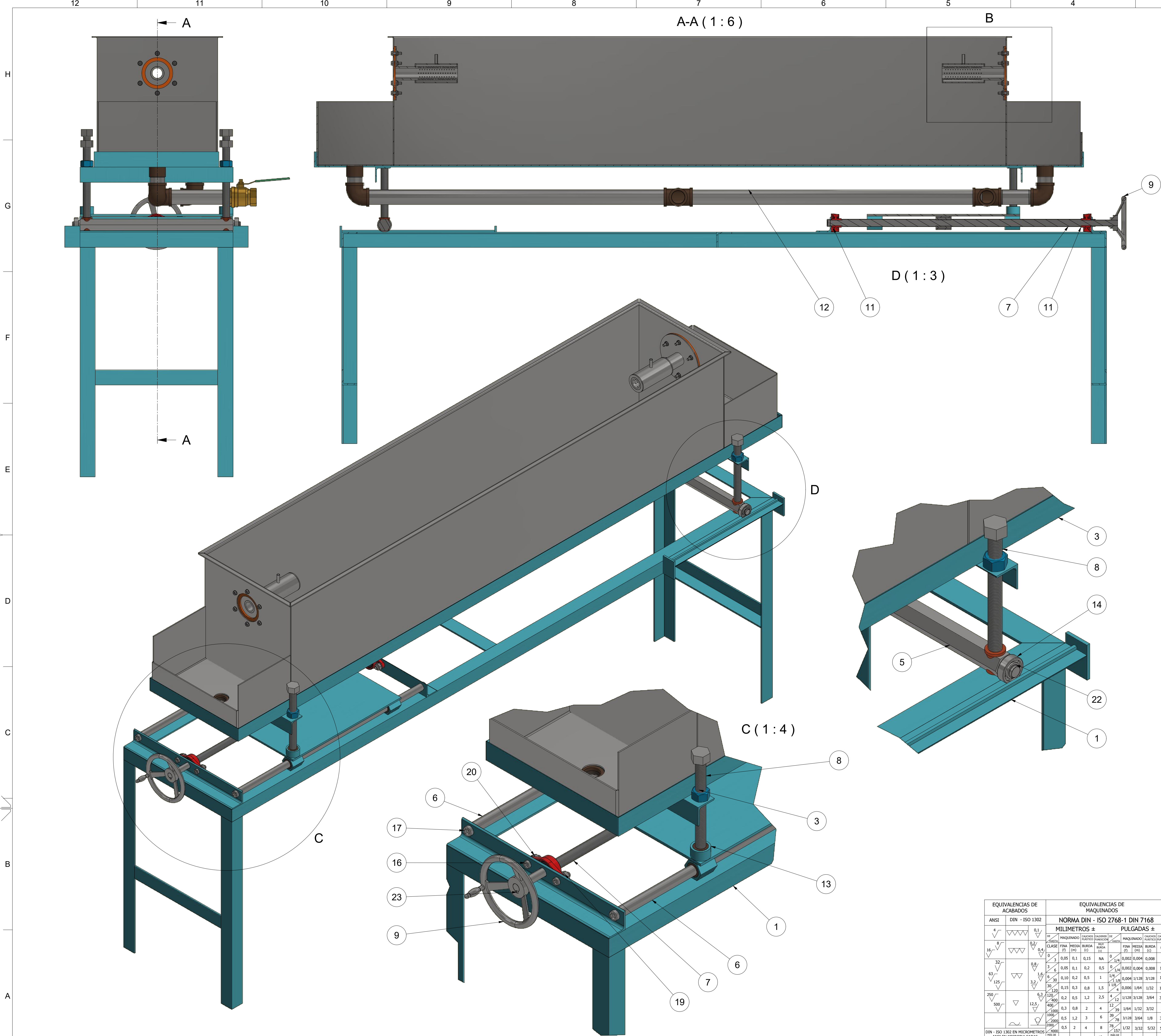
EQUIVALENCIAS DE ACABADOS		EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS											
ANSI	DIN - ISO 1302	NORMA DIN - ISO 2768-1 DIN 7168											
		MILIMETROS ±					PULGADAS ±						
		DE CLASE	CAUCHOS DUREZA	CAUCHOS DUREZA	CAUCHOS DUREZA	CAUCHOS DUREZA	DE CLASE	CAUCHOS DUREZA	CAUCHOS DUREZA	CAUCHOS DUREZA	CAUCHOS DUREZA		
		CLASE	FINA (f)	MEDIA (m)	BURDA (b)	NA	CLASE	FINA (f)	MEDIA (m)	BURDA (b)	NA		
4		0	3	0,05	0,1	0,15	NA	0	1/4	0,002	0,008	NA	
8		3	6	0,05	0,1	0,2	0,5	0	1/8	0,002	0,004	0,008	1/64
16		6	30	0,10	0,2	0,5	1	1/4	1/16	0,004	1/128	3/128	1/32
32		30	120	0,15	0,3	0,8	1,5	1/8	1/4	0,006	1/64	1/32	1/16
63		130	400	0,2	0,5	1,2	2,5	1/2	1/16	1/128	3/128	3/64	3/32
125		400	1000	0,3	0,8	2	4	12	3/32	1/64	3/32	1/8	1/8
250		1000	2000	0,5	1,2	3	6	39	3/8	1/32	3/64	1/4	1/4
500		2000	4000	0,5	1,2	3	6	78	1/2	1/32	3/32	5/32	5/16
DIN - ISO 1302 en MICROMETROS		MAS DE 4000					MAS DE 157"						
ANSI en MICROPULGADAS		NA					NA						
		3					1/8						
		6					1/4						
		10					3/8						



ANEXO D

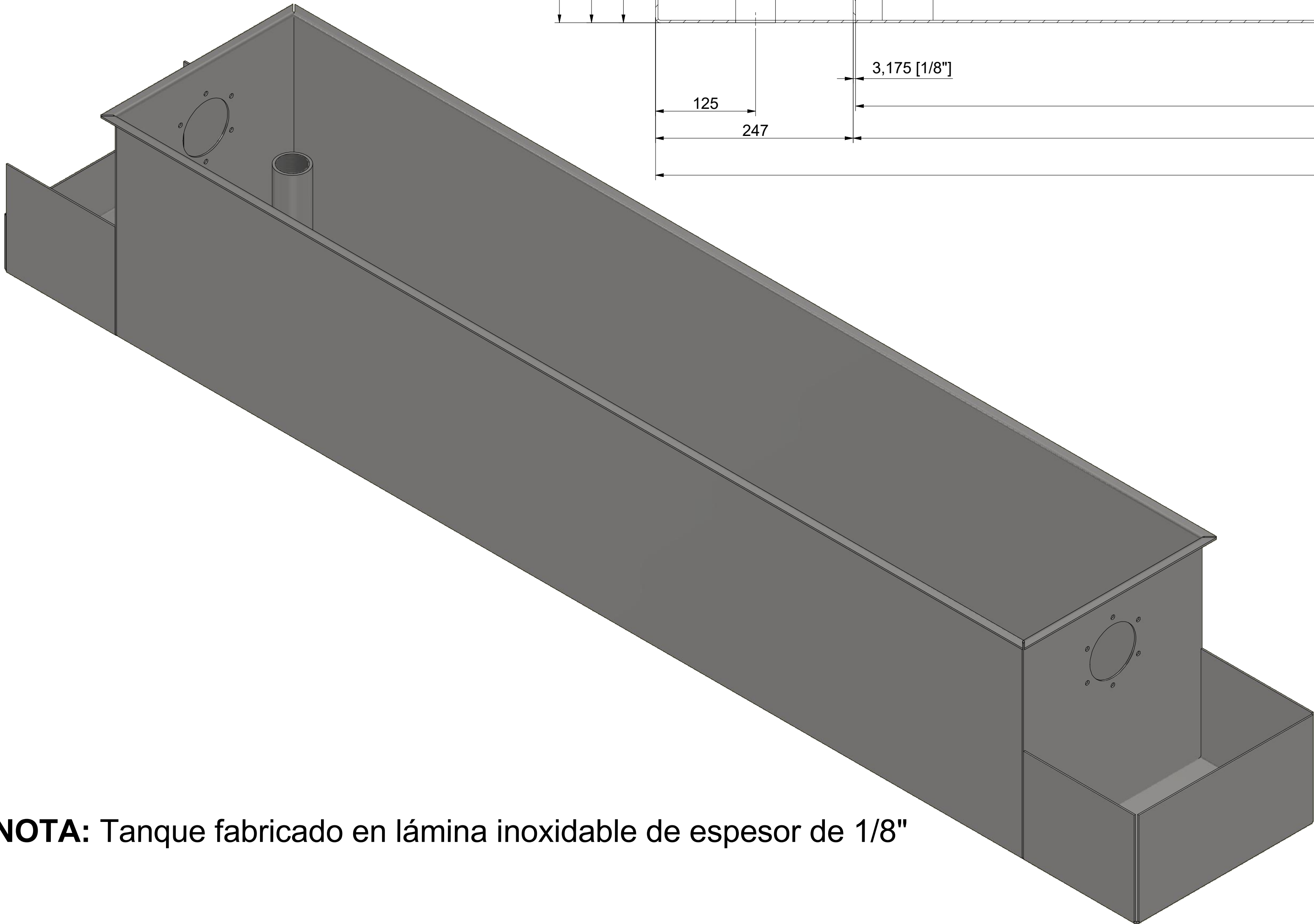
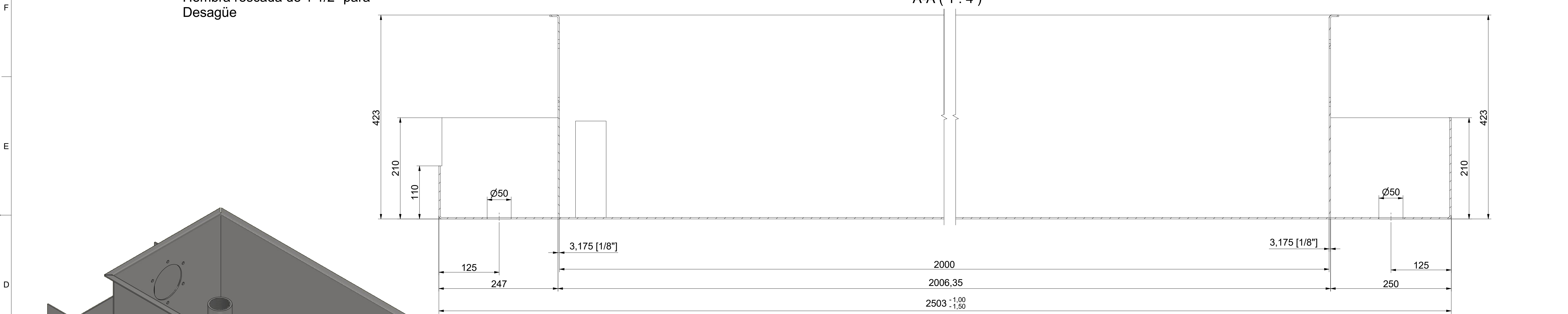
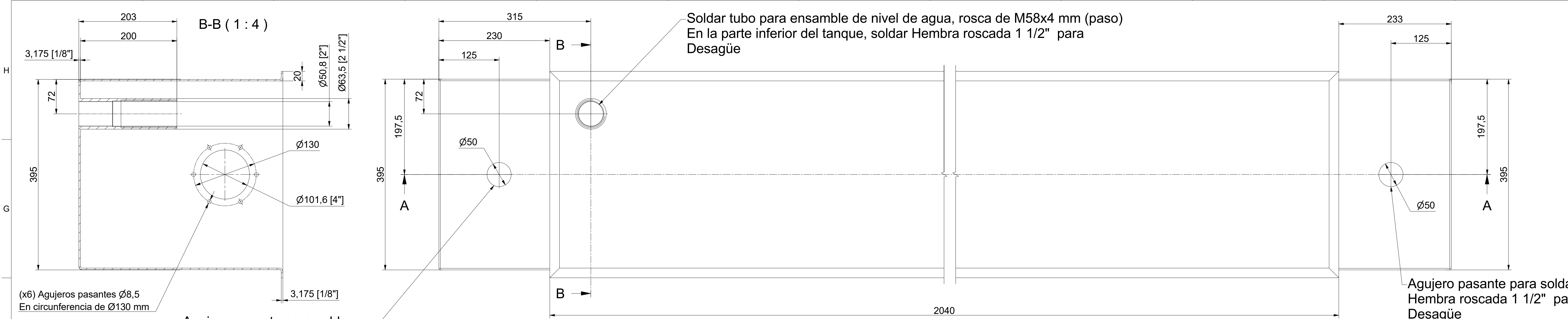
PLANOS PARA LA FABRICACIÓN TANQUE DE ENFRIAMIENTO.





23	1		Acero, carbono	C-Tornifer-Chaveta 6x6 mm-30 mm
22	2	Anillas de retención para el eje	Acero, suave	DIN 471 - 20x1,2
21	12	Tuerca hexagonal	Acero, suave	DIN 439 - M8
20	4	Tuerca hexagonal	Acero, suave	DIN 6915 - M12
19	4	Arandela	Acero, suave	DIN 125 - A 13
18	24	Arandela	Acero, suave	DIN 125 - A 8,4
17	4	Tornillo de cabeza cilíndrica	Acero, suave	DIN 6912 - M16 x 30
16	4	Tornillo de cabeza cilíndrica	Acero, suave	DIN 6912 - M12 x 35
15	12	Tornillo de cabeza cilíndrica	Acero, suave	DIN 6912 - M8 x 30
14	2	Single row ball bearings SKF	Steel, Mild	DIN 625 SKF - SKF 6204
13	1		Steel, Alloy	TAN01-H (Mesa móvil)
12	1		Welded Aluminum -6061	TAN01-M (Tubería para desague del tanque)
11	2		Acero, carbono	UCFL 204
10	2		Acero inoxidable	TAN01-K (Calibrador 1 inch)
9	1	STEP AP203	Stainless Steel	TAN01-J (Manivela)
8	4		Stainless Steel	TAN01-I (Perno Elevación Tanque)
7	1		Steel, Carbon	TAN01-G (Esparrago Tanque)
6	2		Steel, Carbon	TAN01-F (Eje guía tanque)
5	1		Steel, Carbon	TAN01-E (Hexagono)
4	1		Stainless Steel	TAN01-C (Tanque)
3	1		Welded Aluminum -6061	TAN01-B (Estructura Tanque)
2	2		Caucho, Silicona	TAN01-L (Empaque para Calibrador)
1	1		Acero	Estructura Tanque A
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	DOCUMENTO

LISTA DE PARTES			
CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE: 1. Fabricación y/o montaje. 2. Cambios dimensionales. 3. Especificaciones de soldadura. Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.			
UNIVERSIDAD EAFIT®		Descripción:	
ENSAMBLE DE TANQUE DE ENFRIAMIENTO DE TUBERÍA DE PVC		Equipo: TANQUE ENFRIAMIENTO Maquina: TAN01	
Material: VARIOS		Escala: 1:6	
Tratamiento:		Dureza: Medias en mm. Dibujo: DANIEL JARAMILLO	
Peso: N/D Fecha: 9/07/2019		Redondeos: 0,5	
Proyección: Acabados:		Cantidad: 1 Soldaduras: AWS	
Reemplaza a:		Documento No.: Hoja: 1	
Ubicación Archivo: C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\TAN01\TAN01-Ensamble.iam		TAN01-PLANOS De:	

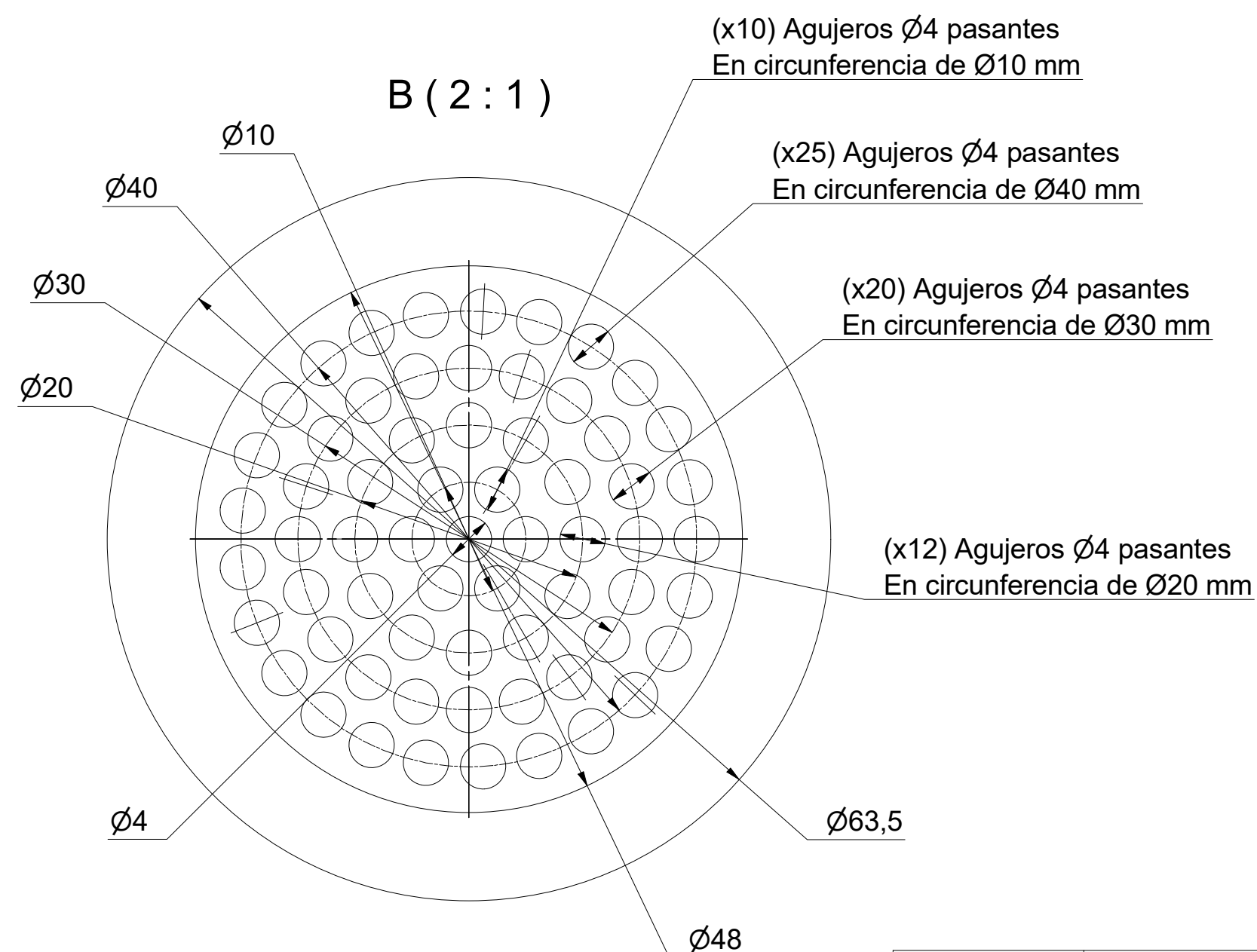
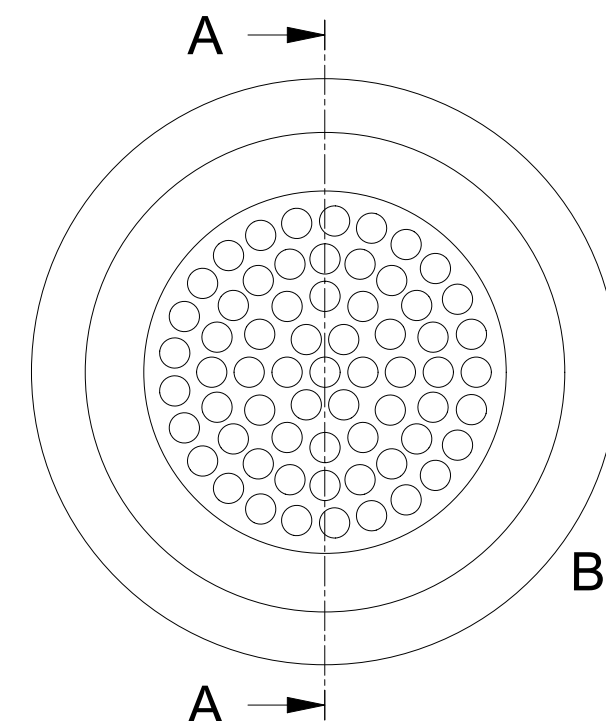


TAN01-C (Tanque Enfriamiento)
MATERIAL: ACERO INOX 304
CANT: 1 UND

NOTA: Tanque fabricado en lámina inoxidable de espesor de 1/8"

CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE: 1. Fabricación y/o montaje. 2. Cambios dimensionales. 3. Especificaciones de soldadura. Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.			
		Descripción: TANQUE DE ENFRIAMIENTO PARA TUBERÍA DE PVC	
Equipo: TANQUE ENFRIAMIENTO		Maquina: TAN01	
Material: ACERO INOX 304			Escala: 1:4
Tratamiento:			
Dureza:	Medidas en mm.	Dibujó DANIEL JARAMILLO	
Peso: 86,894 kg	Fecha: 9/07/2019	Chafilanes: 0,5	Redondeos: 0,5
Proyección	Acabados:	Cantidad: 1	Soldaduras: AWS
Reemplaza a:		Documento No.: TAN01-PLANOS	
		Hoja: 4 De:	

EQUIVALENCIAS DE ACABADOS			EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS											
ANSI	DIN - ISO 1302		NORMA DIN - ISO 2768-1 DIN 7168											
			MILIMETROS ±						PULGADAS ±					
			CLASE	FINA (F)	MEDIA (M)	BURDA (C)	PREC. BURDA (C)	CLASE	CLASE	FINA (F)	MEDIA (M)	BURDA (C)	PREC. BURDA (C)	CLASE
4	▽	0,1						12	0,002	0,004	0,008	NA		
16	▽	0,2						12	0,002	0,004	0,008	NA		
32	▽	0,5						12	0,002	0,004	0,008	NA		
63	▽	1,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
125	▽	2,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
250	▽	4,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
500	▽	8,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
1000	▽	16,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
2000	▽	32,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
4000	▽	63,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
8000	▽	125,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
16000	▽	250,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
32000	▽	500,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
63000	▽	1000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
125000	▽	2000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
250000	▽	4000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
500000	▽	8000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
1000000	▽	16000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
2000000	▽	32000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
4000000	▽	63000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
8000000	▽	125000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
16000000	▽	250000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
32000000	▽	500000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
63000000	▽	1000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
125000000	▽	2000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
250000000	▽	4000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
500000000	▽	8000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
1000000000	▽	16000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
2000000000	▽	32000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
4000000000	▽	63000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
8000000000	▽	125000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
16000000000	▽	250000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
32000000000	▽	500000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
63000000000	▽	1000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
125000000000	▽	2000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
250000000000	▽	4000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
500000000000	▽	8000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
1000000000000	▽	16000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
2000000000000	▽	32000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
4000000000000	▽	63000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
8000000000000	▽	125000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
16000000000000	▽	250000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
32000000000000	▽	500000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
63000000000000	▽	1000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
125000000000000	▽	2000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
250000000000000	▽	4000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
500000000000000	▽	8000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
1000000000000000	▽	16000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
2000000000000000	▽	32000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
4000000000000000	▽	63000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
8000000000000000	▽	125000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
16000000000000000	▽	250000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
32000000000000000	▽	500000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
63000000000000000	▽	1000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
125000000000000000	▽	2000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
250000000000000000	▽	4000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
500000000000000000	▽	8000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
1000000000000000000	▽	16000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
2000000000000000000	▽	32000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
4000000000000000000	▽	63000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
8000000000000000000	▽	125000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
16000000000000000000	▽	250000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
32000000000000000000	▽	500000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
63000000000000000000	▽	1000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
125000000000000000000	▽	2000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
250000000000000000000	▽	4000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
500000000000000000000	▽	8000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
1000000000000000000000	▽	16000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
2000000000000000000000	▽	32000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
4000000000000000000000	▽	63000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
8000000000000000000000	▽	125000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
16000000000000000000000	▽	250000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
32000000000000000000000	▽	500000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
63000000000000000000000	▽	1000000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
125000000000000000000000	▽	2000000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
250000000000000000000000	▽	4000000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
500000000000000000000000	▽	8000000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
1000000000000000000000000	▽	16000000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
2000000000000000000000000	▽	32000000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
4000000000000000000000000	▽	63000000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
8000000000000000000000000	▽	125000000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
16000000000000000000000000	▽	250000000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
32000000000000000000000000	▽	500000000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
63000000000000000000000000	▽	1000000000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
125000000000000000000000000	▽	2000000000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
250000000000000000000000000	▽	4000000000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
500000000000000000000000000	▽	8000000000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
1000000000000000000000000000	▽	16000000000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
2000000000000000000000000000	▽	32000000000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
4000000000000000000000000000	▽	63000000000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
8000000000000000000000000000	▽	125000000000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
16000000000000000000000000000	▽	250000000000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
32000000000000000000000000000	▽	500000000000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
63000000000000000000000000000	▽	1000000000000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
125000000000000000000000000000	▽	2000000000000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
250000000000000000000000000000	▽	4000000000000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
500000000000000000000000000000	▽	8000000000000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
1000000000000000000000000000000	▽	16000000000000000000000000000,0						12	0,002	0,004	0,008	NA		
2000000000000000000000000000000	▽	3200000000												



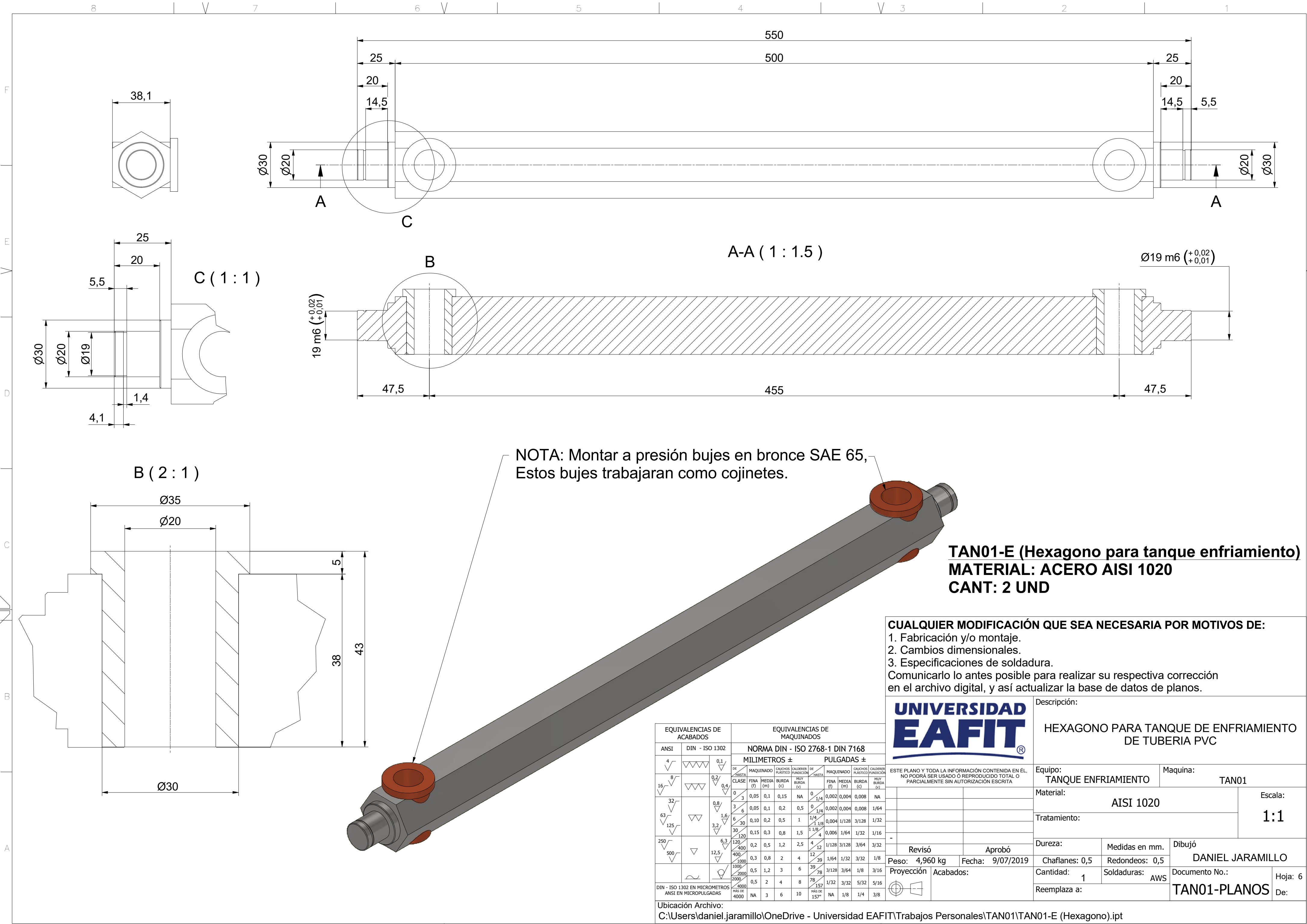
TAN01-D (Tubo nivel de agua tanque enfriamiento)
MATERIAL: ACERO INOX 304
CANT: 1 UND

CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:

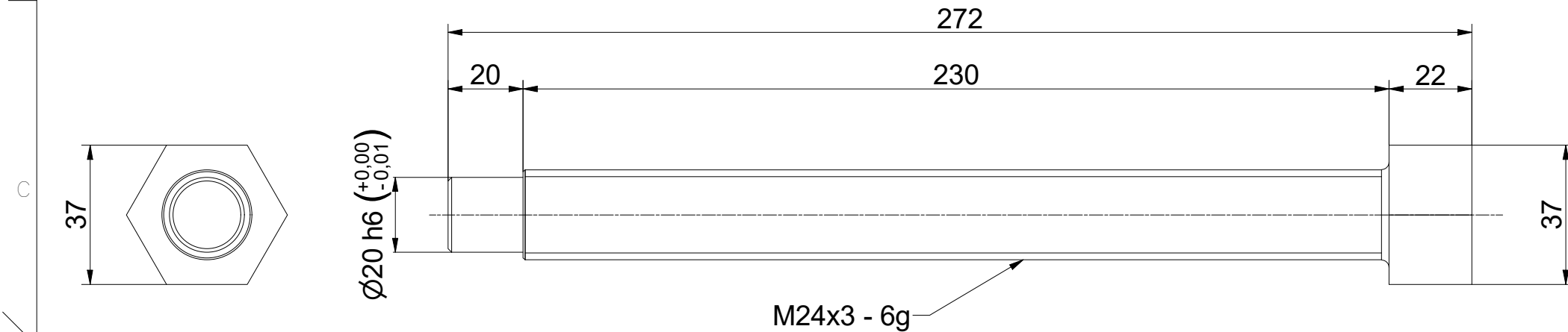
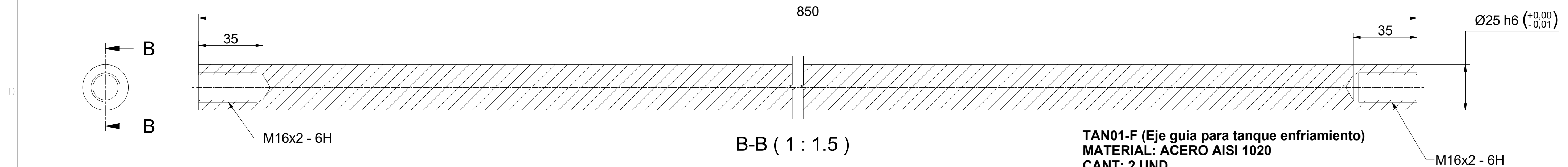
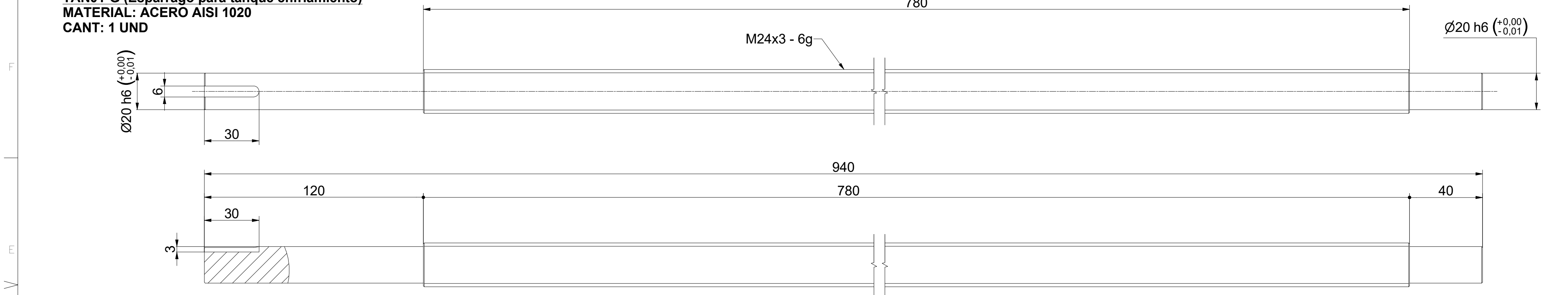
1. Fabricación y/o montaje.
2. Cambios dimensionales.
3. Especificaciones de soldadura.

Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.

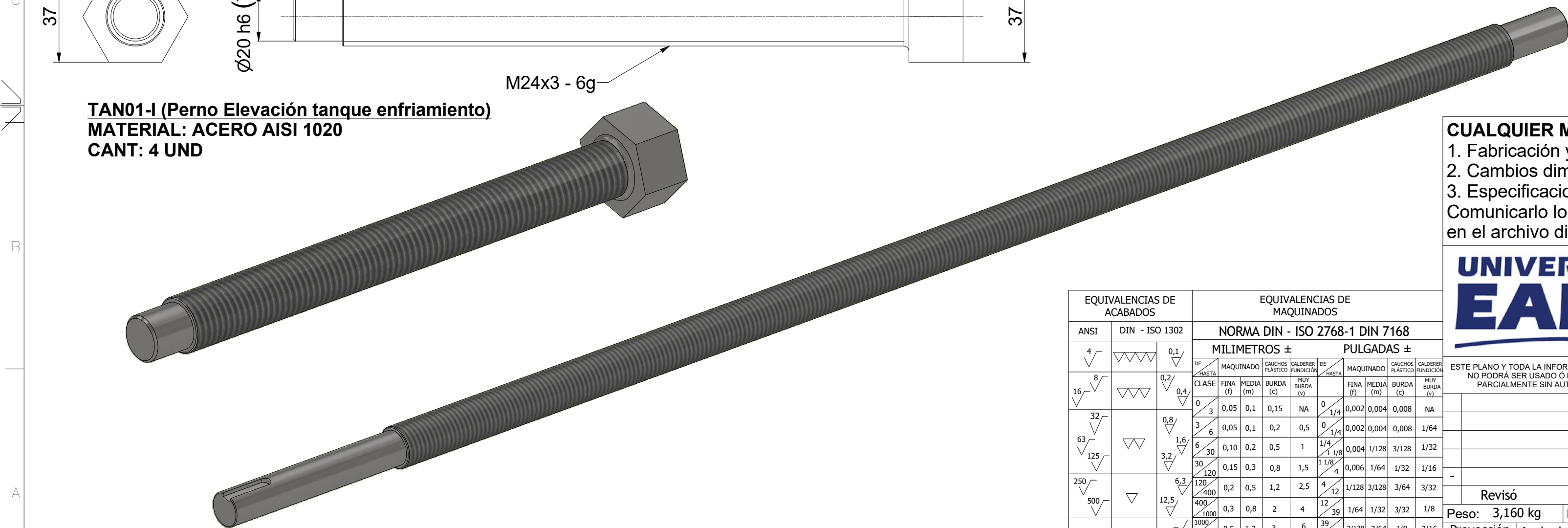
EQUIVALENCIAS DE ACABADOS				EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS								<div>EAFIT®</div>		TUBO NIVEL DE AGUA PARA TANQUE DE ENFRIAMIENTO			
ANSI	DIN - ISO 1302			NORMA DIN - ISO 2768-1 DIN 7168													
		MILIMETROS ±				PULGADAS ±				Equipo:		Maquina:					
										TANQUE ENFRIAMIENTO		TAN01					
										Material:		Escala:					
										ACERO INOX 304							
										Tratamiento:							
										Dureza:		Medidas en mm.					
										Dibujó							
										Peso: N/D		Fecha: 9/07/2019					
										Chaflanes: 0,5		Redondeos: 0,5					
										Cantidad: 1:2		Soldaduras: AWS					
										Reemplaza a:		Documento No.:					
												TAN01-PLANOS					
												Hoja: 5					
												De:					
Ubicación Archivo: C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\TAN01\Nivel Tanque.ipt																	
















TAN01-G (Esparrago para tanque enfriamiento)
MATERIAL: ACERO AISI 1020
CANT: 1 UND



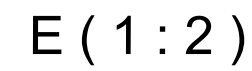
TAN01-I (Perno Elevación tanque enfriamiento)
MATERIAL: ACERO AISI 1020
CANT: 4 UND



TAN01-F (Eje guía para tanque enfriamiento)
MATERIAL: ACERO AISI 1020
CANT: 2 UND

EQUIVALENCIAS DE ACABADOS				EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS													EJES GUIAS Y ESPARRAGO PARA SISTEMA MÓVIL PARA TANQUE DE ENFRIAMIENTO								
ANSI		DIN - ISO 1302		NORMA DIN - ISO 2768-1 DIN 7168																					
				MILIMETROS ±			PULGADAS ±																		
				DE HASTA		MAQUINADO		CAUCHOS PLÁSTICO		CALDERIN FUNDICIÓN		DE HASTA		MAQUINADO		CAUCHOS PLÁSTICO		CALDERIN FUNDICIÓN		ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL, NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA		Equipo: TANQUE ENFRIAMIENTO		Maquina: TAN01	
				CLASE		FINA (f)		MEDIA (m)		BURDA (c)		FINA (f)		MEDIA (m)		BURDA (c)									
4						0,1						0		0,002		0,004		0,008		NA					
16						0,2		0,4				0		1/4		0,002		0,004		0,008		1/64			
32						0,8		1,6				0		1/4		0,002		0,004		0,008		1/64			
63						3,2		6,3				0		1/8		0,004		1/128		3/128		1/32			
125						6,3		12,5				0		1/8		0,006		1/64		1/32		1/16			
250						12,5		25,0				0		1/8		0,006		1/64		1/32		1/16			
500						25,0		50,0				0		1/8		0,006		1/64		1/32		1/16			
						50,0		100,0				0		1/8		0,006		1/64		1/32		1/16			
						100,0		200,0				0		1/8		0,006		1/64		1/32		1/16			
						200,0		400,0				0		1/8		0,006		1/64		1/32		1/16			
						400,0		800,0				0		1/8		0,006		1/64		1/32		1/16			
						800,0		1600,0				0		1/8		0,006		1/64		1/32		1/16			
						1600,0		3200,0				0		1/8		0,006		1/64		1/32		1/16			
						3200,0		6400,0				0		1/8		0,006		1/64		1/32		1/16			
						6400,0		12800,0				0		1/8		0,006		1/64		1/32		1/16			
						12800,0		25600,0				0		1/8		0,006		1/64		1/32		1/16			
						25600,0		51200,0				0		1/8		0,006		1/64		1/32		1/16			

F




C |



A

U

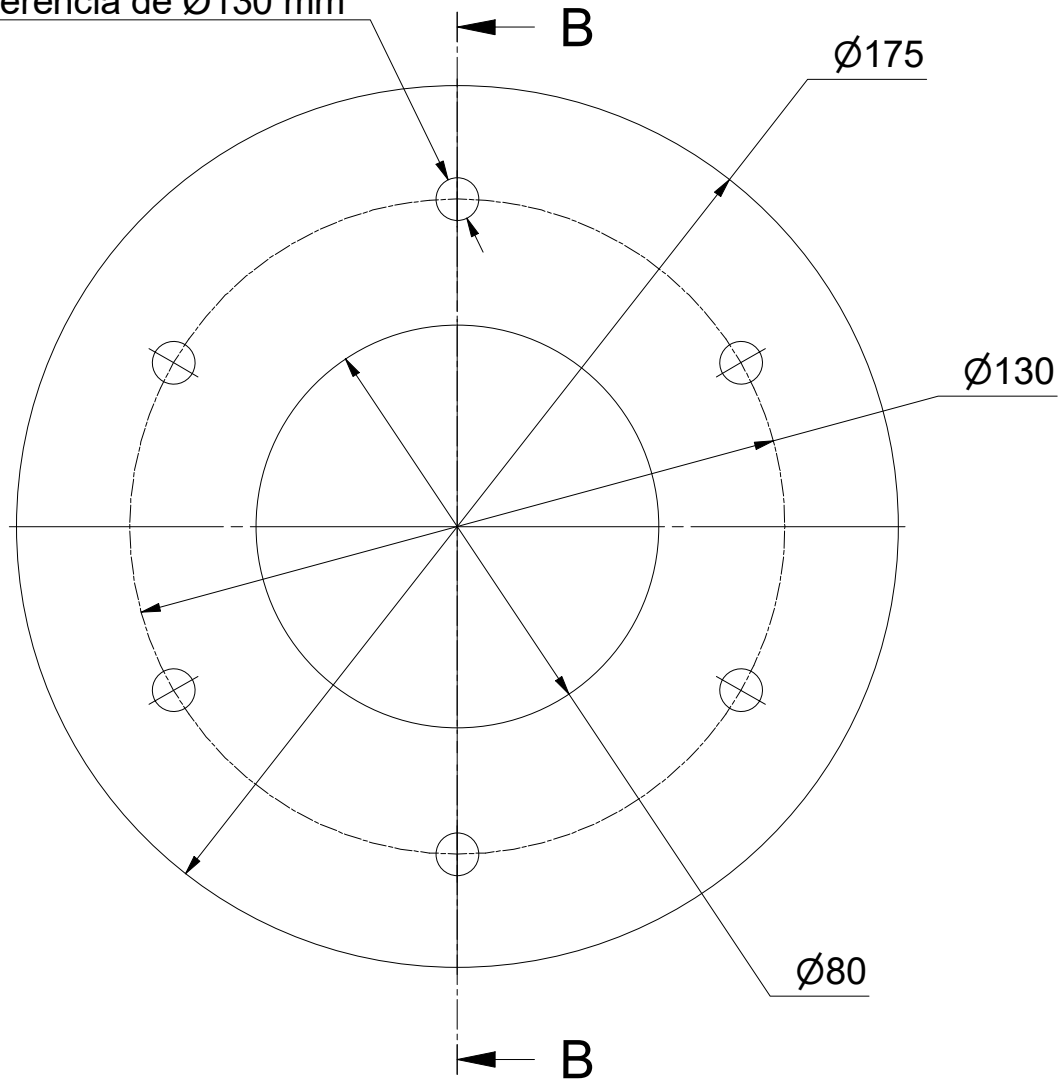


			Descripción:		
			MESA MÓVIL PARA TANQUE DE ENFRIAMIENTO		
ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN EL, NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA			Equipo: TANQUE ENFRIAMIENTO		Maquina: TAN01
			Material: AISI 1020		Escala: 1:1
			Tratamiento:		
			Dureza:	Medidas en mm.	Dibujó DANIEL JARAMILLO
Revisó _____ Aprobó _____			Chaflanes: 0,5	Redondeos: 0,5	
Peso: N/D Fecha: 9/07/2019			Cantidad: 1	Soldaduras: AWS	Documento No.: TAN01-PLANOS
Proyección Acabados:			Reemplaza a:		Hoja: 8 De:
					

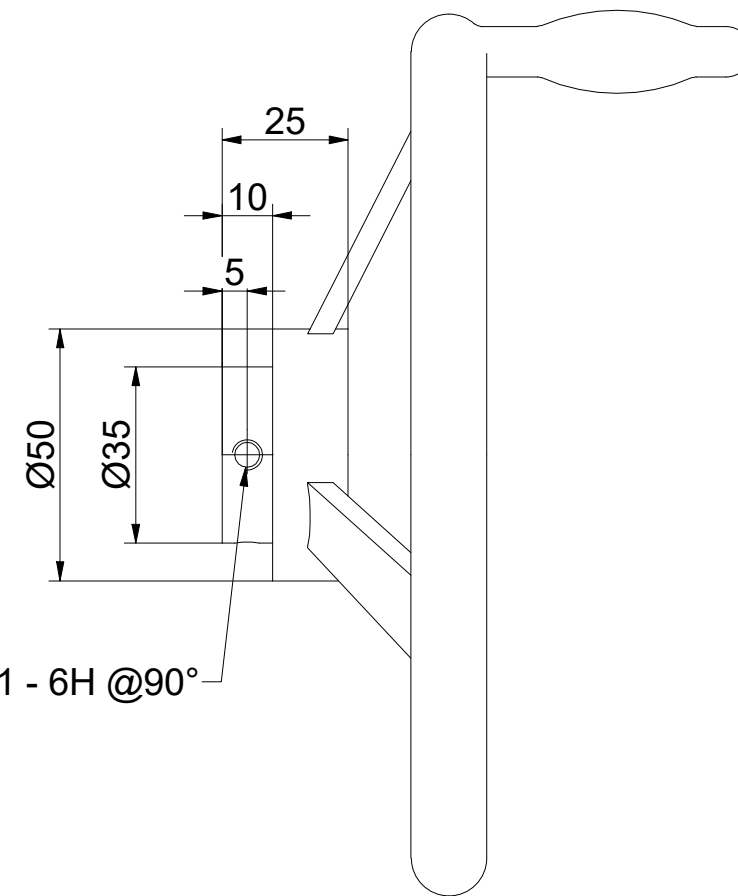
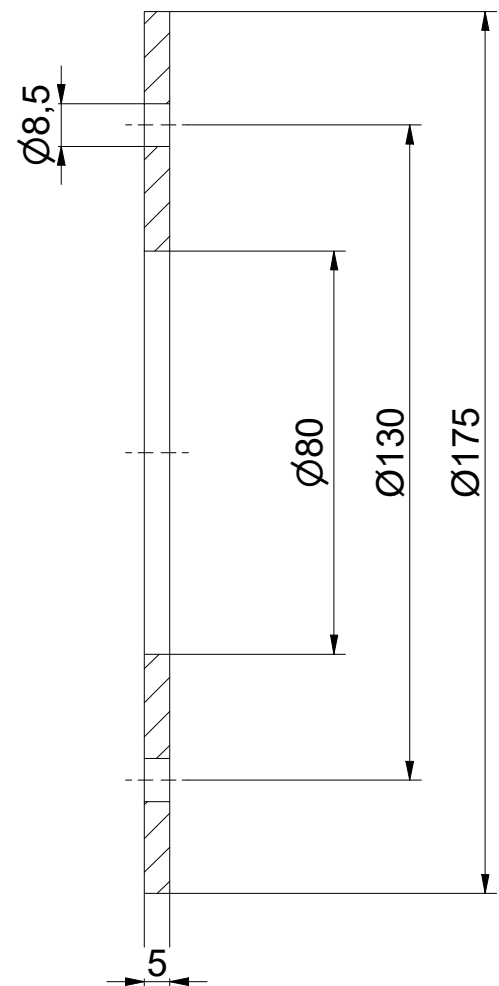
EQUIVALENCIAS DE ACABADOS			EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS											
ANSI	DIN - ISO 1302		NORMA DIN - ISO 2768-1 DIN 7168											
			MILIMETROS ±						PULGADAS ±					
			DE HASTA	MAQUINADO			CAUCHOS PLASTICO	CAUDEREN PUNFICACION	DE HASTA	MAQUINADO			CAUCHOS PLASTICO	
			CLASE	FINA (F)	MEDIA (M)	BURDA (C)			FINA (F)	MEDIA (M)	BURDA (C)			
4		0,1												
8		0,2												
16		0,4	0	0,05	0,1	0,15	NA	0	1/4	0,002	0,004	0,008		
32		0,8	3	0,05	0,1	0,2	0,5	0	1/4	0,002	0,004	0,008		
63		1,6	6	0,10	0,2	0,5	1	1/4	1/8	0,004	1/128	3/128		
125		3,2	30	0,15	0,3	0,8	1,5	1	1/8	0,006	1/64	1/32		
250		6,3	120	0,2	0,5	1,2	2,5	4	12	1/128	3/128	3/64		
500		12,5	400	0,3	0,8	2	4	12	39	1/64	1/32	3/32		
			1000	0,5	1,2	3	6	39	78	3/128	3/64	1/8		
			2000	0,5	2	4	8	78	157	1/32	3/32	5/32		
			4000	NA	3	6	10	157	NA	1/8	1/4			
DIN - ISO 1302 en MICROMETROS ANSI en MICROPULGADAS			NA											

C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\TAN01\Buje Bronce Mesa.ipt

(x6) Agujeros Ø8,5 pasantes
En circunferencia de Ø130 mm



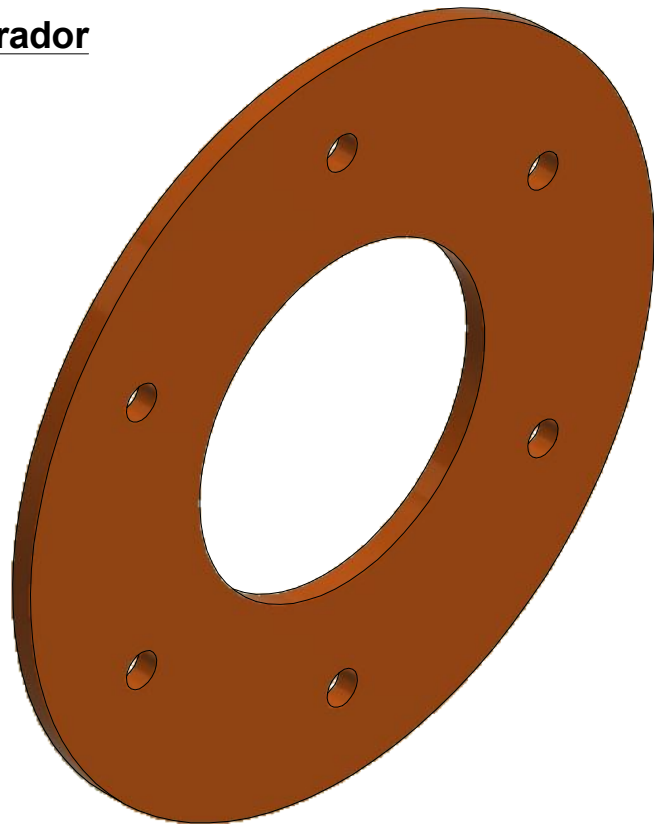
B-B (1 : 1.5)



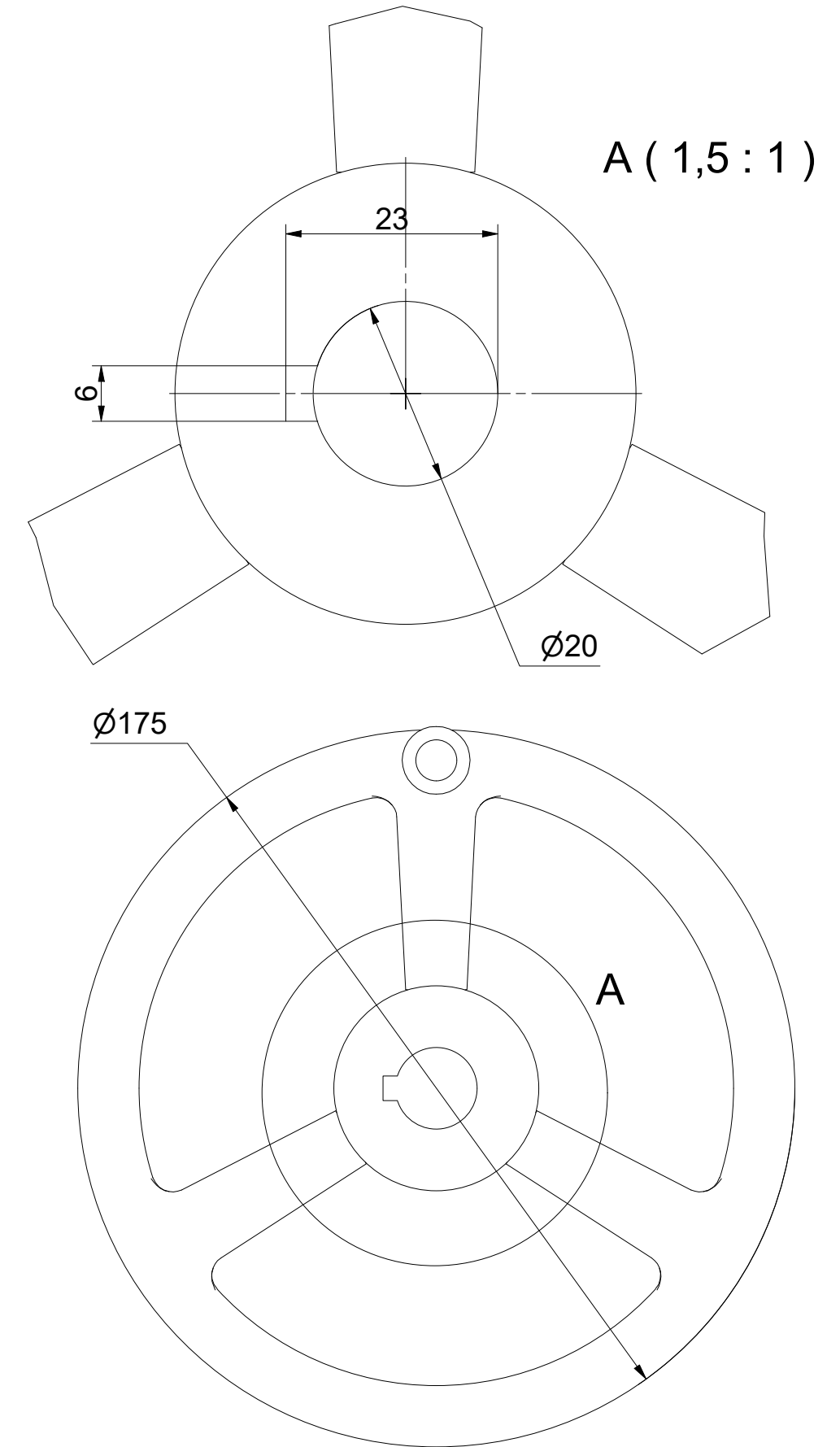
(x2) Agujeros roscados M6x1 - 6H @90°—

**TAN01-L (Empaque para calibrador
tanque enfriamiento)**

MATERIAL: Caucho Natural
CANT: 2 UND



TAN01-G (Manivela tanque enfriamiento)
MATERIAL: ACERO AISI 1020
CANT: 1 UND



NOTA: Manivela comercial de diámetro exterior 175 mm o menor, para mesa móvil de tanque de enfriamiento.

CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:

1. Fabricación y/o montaje.
 2. Cambios dimensionales.
 3. Especificaciones de soldadura.
- Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.

EQUIVALENCIAS DE ACABADOS			EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS											
ANSI	DIN - ISO 1302		NORMA DIN - ISO 2768-1 2018											
			MILIMETROS ±						PULGADAS ±					
			DE HASTA	MAQUINADO FINA (F)	MAQUINADO MEDIA (M)	CAUCHOS DE PLASTICO BURDA (C)	CAUCHOS DE PLASTICO BURDA (C)	DE HASTA	MAQUINADO FINA (F)	MAQUINADO MEDIA (M)	CAUCHOS DE PLASTICO BURDA (C)	CAUCHOS DE PLASTICO BURDA (C)		
4		0,1												
8		0,2												
16		0,4												
32		0,8												
63		1,6												
125		3,2												
250		6,3												
500		12,5												
DIN - ISO 1302 en MICROMETROS														
ANSI en MICROPULGADAS														

Ubicación Archivo:

C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\TAN01\TAN01-J (Manivela).ipt

UNIVERSIDAD
EAFIT

Descripción:	
--------------	--

RUEDA MANIVELA PARA TANQUE DE ENFRIAMIENTO

Equipo:	TANQUE ENFRIAMIENTO
---------	---------------------

Maquina:	TAN01
----------	-------

Material:	AISI 1020
-----------	-----------

Escala:
1:1

Dureza:	Medidas en mm.
---------	----------------

Redondeos: 0,5

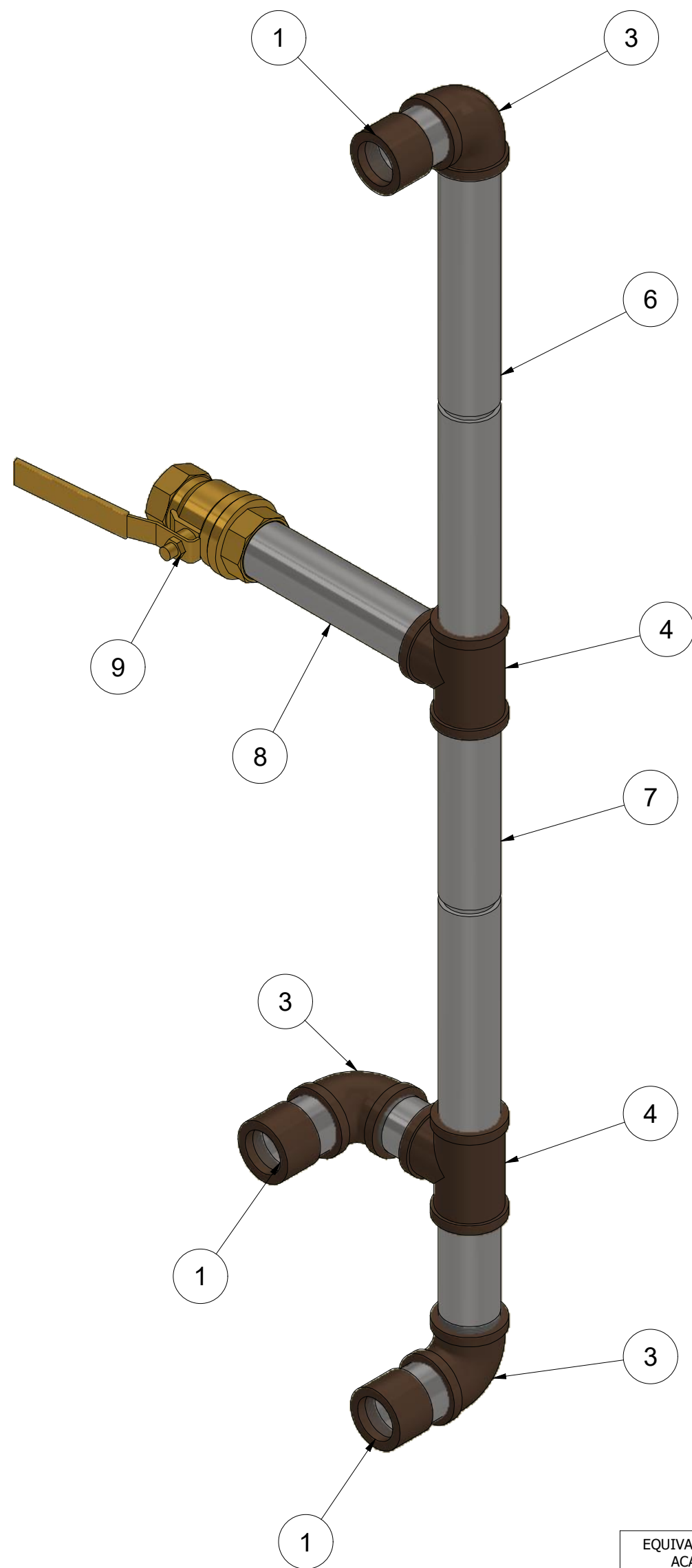
Dibujó
DANIEL JARAMILLO

Cantidad:	1	Soldaduras:	AV
-----------	---	-------------	----

WS	Documento No.:	Hoja: 9
	TAN01-PLANOS	De:

Reemplaza a:	
--------------	--

TAN01-PLANOS	De:
--------------	-----

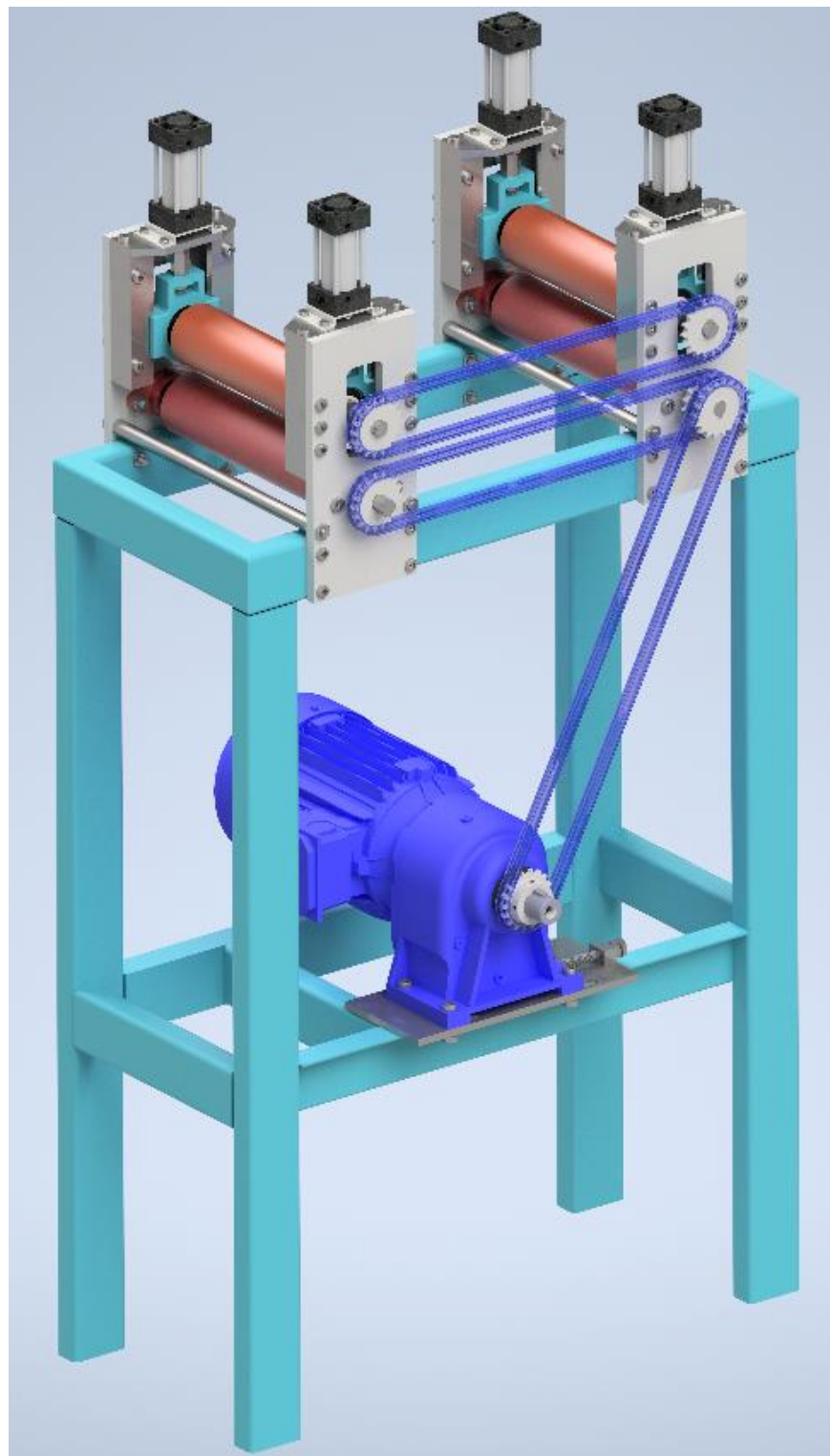


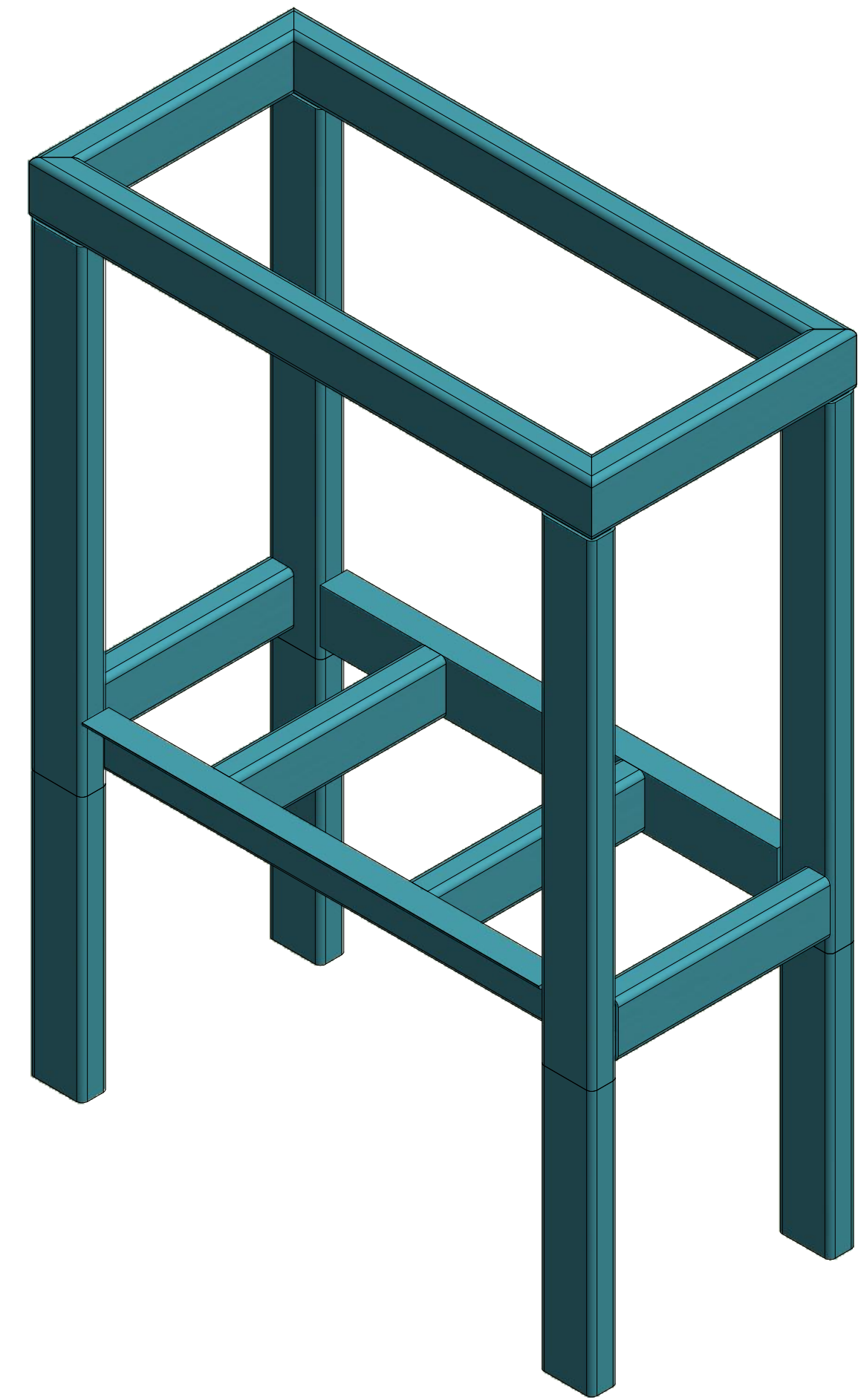
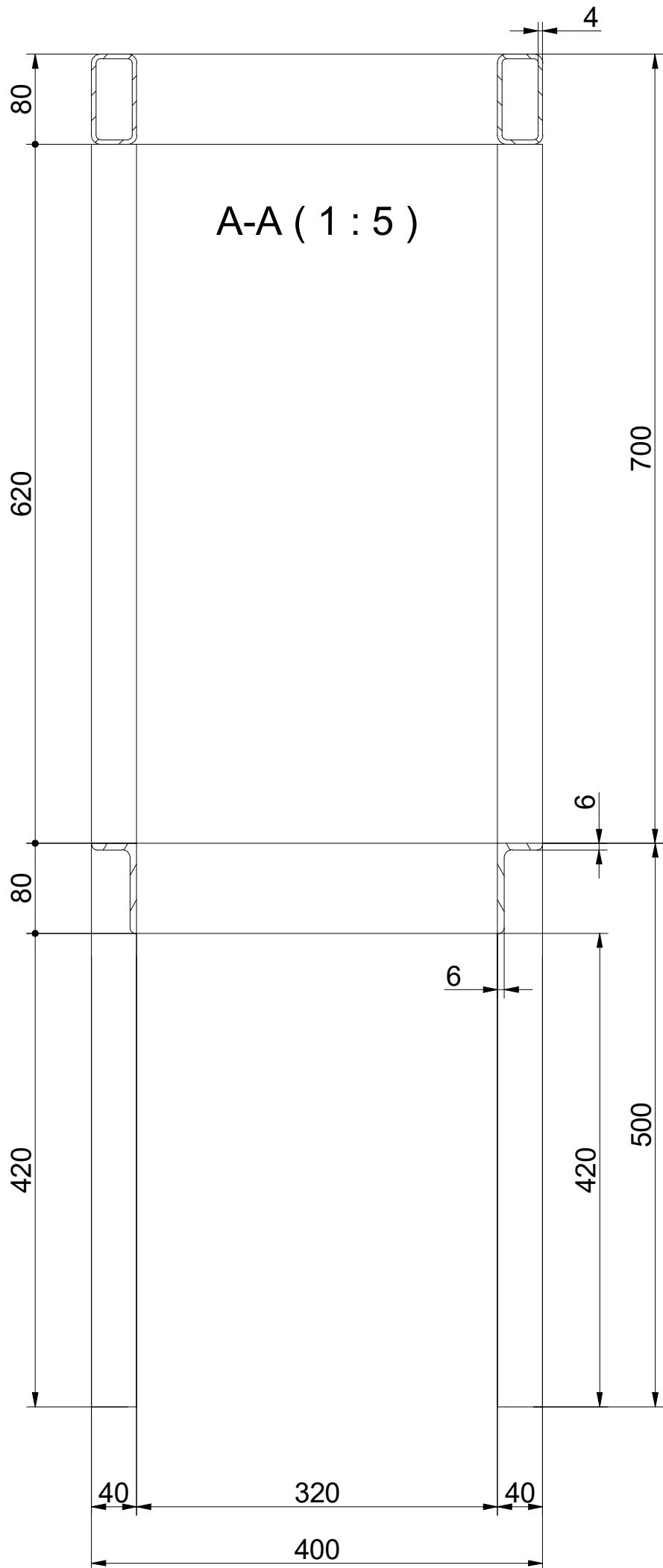
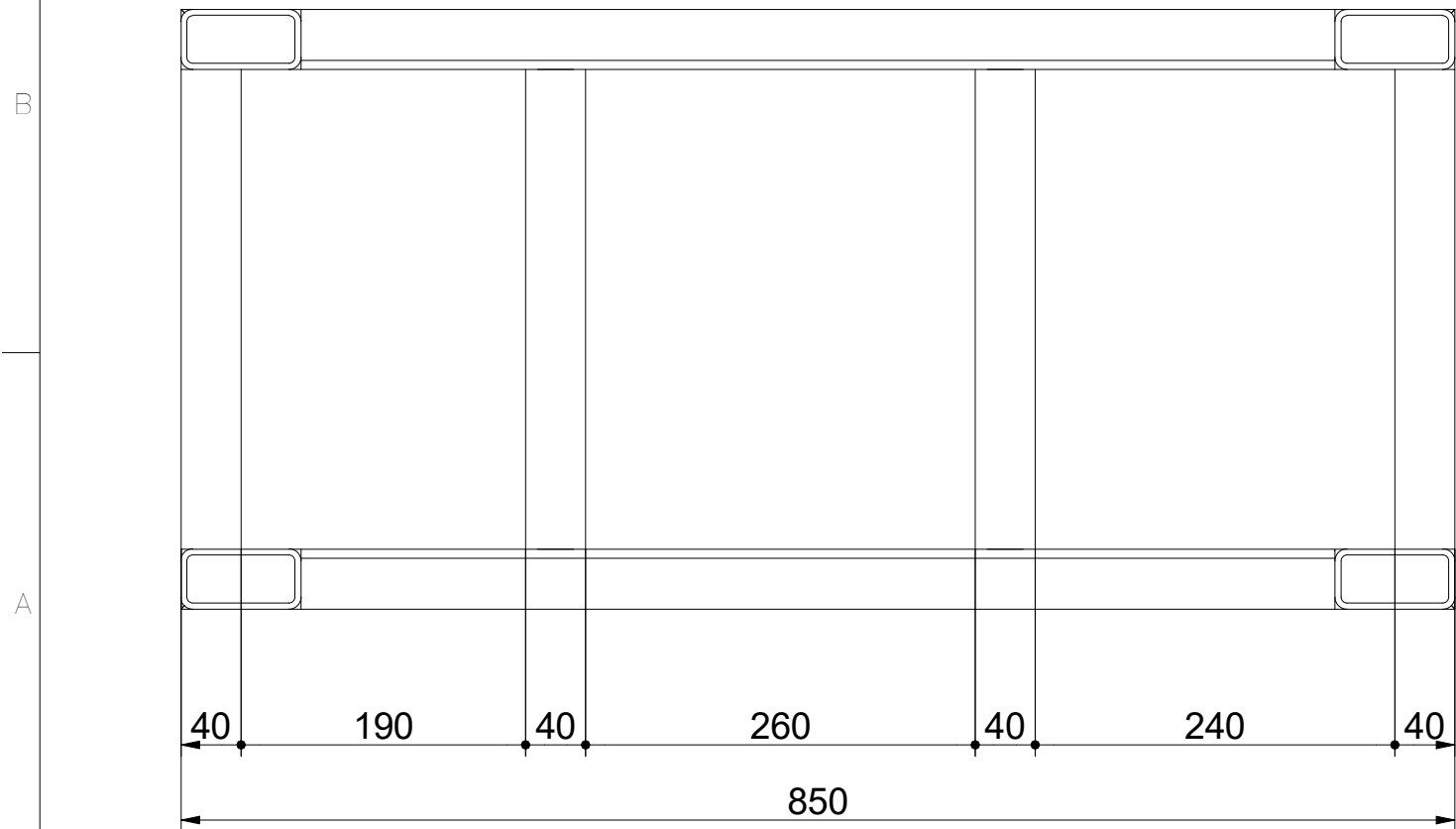
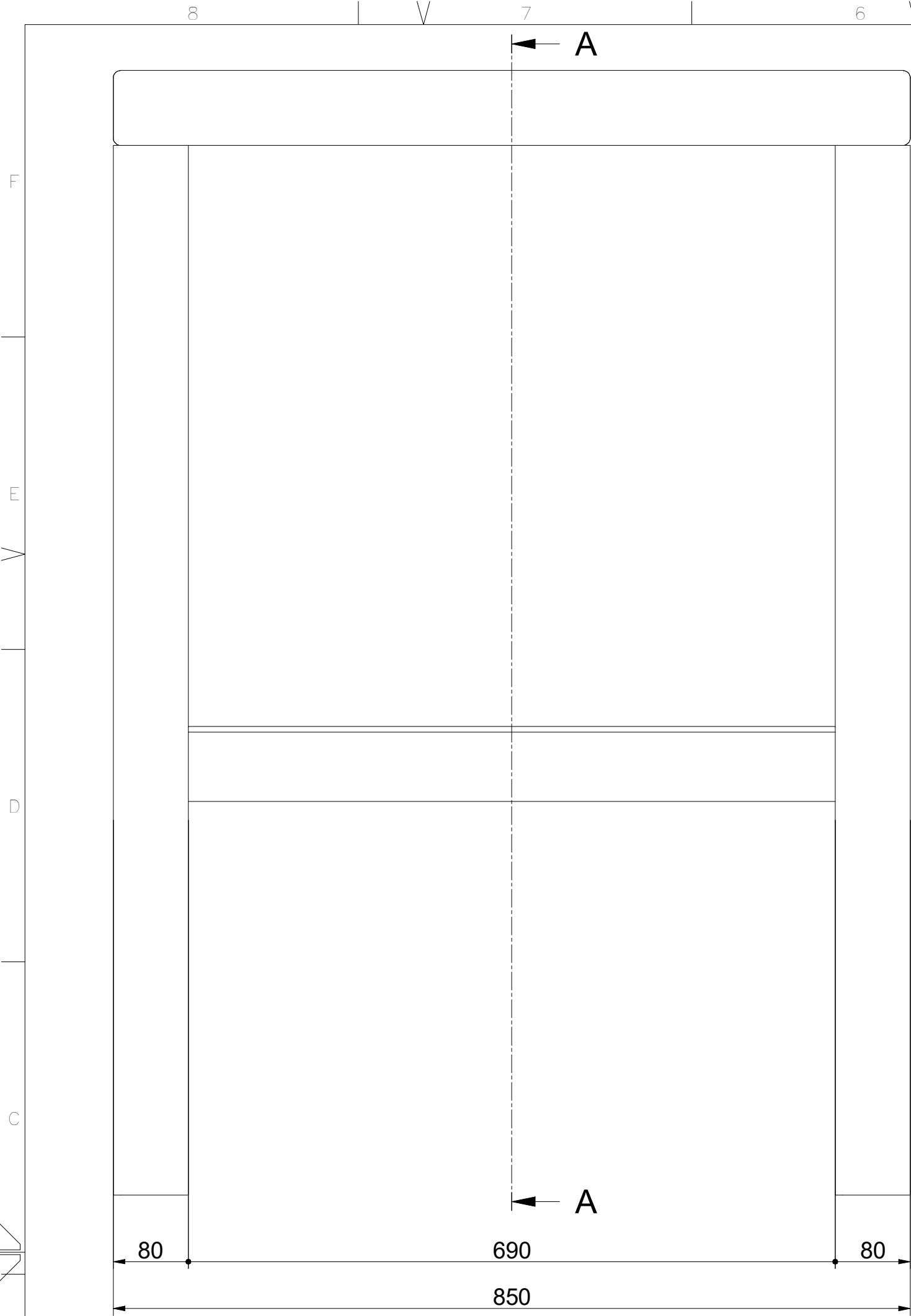
9	1	Válvula de bola de latón	Latón, amarillo claro	Válvula de bola de latón XV520P de Parker XV520P-24
8	8,000 in	Tubería	Acero inoxidable , austenítico o	ANSI/ASME B36.19M Tubería con finales roscados 1 1/2 - Schedule 40S - 8
7	38,000 in	Tubería	Acero inoxidable , austenítico o	ANSI/ASME B36.19M Tubería con finales roscados 1 1/2 - Schedule 40S - 38
6	40,000 in	Tubería	Acero inoxidable , austenítico o	ANSI/ASME B36.19M Tubería con finales roscados 1 1/2 - Schedule 40S - 40
5	4,500 in	Tubería	Acero inoxidable , austenítico o	ANSI/ASME B36.19M Tubería con finales roscados 1 1/2 - Schedule 40S - 4,5
4	2	Tubo en T roscado de bronce fundido - Clase 125	Bronce, fundido	ANSI/ASME B16.15 Tubo en T - Clase 125 1 1/2
3	3	Codo roscado de bronce fundido de 90° - Clase 125	Bronce, fundido	ANSI/ASME B16.15 Codo de 90 grad - Clase 125 1 1/2
2	8,000 in	Tubería	Acero inoxidable , austenítico o	ANSI/ASME B36.19M Tubería con finales roscados 1 1/2 - Schedule 40S - 2
1	3	Accesorios de unión a presión Soldadura de aleación de cobre fundido - Reductor roscado liso FTG x F	Cobre, fundido	ASME B16.18 Reductor roscado liso FTG x F 2 x 1 1/2

POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	DOCUMENTO
LISTA DE PARTES				
CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:				
1. Fabricación y/o montaje.				
2. Cambios dimensionales.				
3. Especificaciones de soldadura.				
Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.				
<div>UNIVERSIDAD EAFIT®</div>		Descripción:		
		TUBERÍA PARA DESAGUES DE TANQUE DE ENFRIAMIENTO		
ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL, NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA		Equipo:	Maquina:	
		TANQUE ENFRIAMIENTO	TAN01	
		Material:	Escala:	
		ASTM A36	1:4	
		Tratamiento:		
		GALVANIZADA		
		Dureza:	Dibujó	
Revisó		Medidas en mm.		DANIEL JARAMILLO
Aprobó				
Peso: 15,643 kg		Chaflanes: 0,5	Redondeos: 0,5	
Proyección		Cantidad:	Soldaduras:	Documento No.:
Acabados:			AWS	De:
		Reemplaza a:		TAN01-PLANOS

Ubicación Archivo:
C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\TAN01\TAN01-M (Tubería para desagüe del tanque).iam

ANEXO E.
PLANOS PARA LA FABRICACIÓN DEL HALADOR.





CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:

1. Fabricación y/o montaje.
2. Cambios dimensionales.
3. Especificaciones de soldadura.

Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.



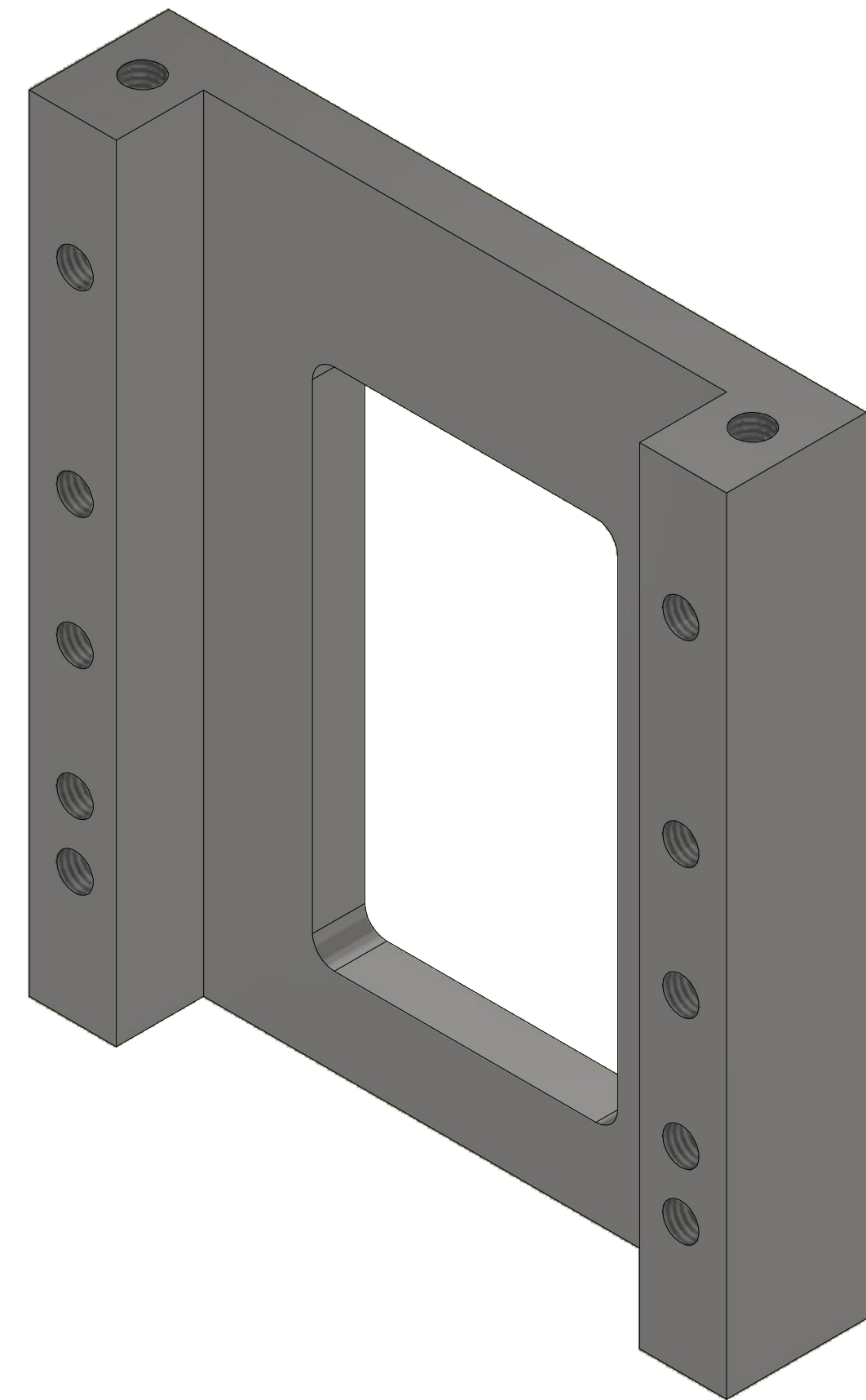
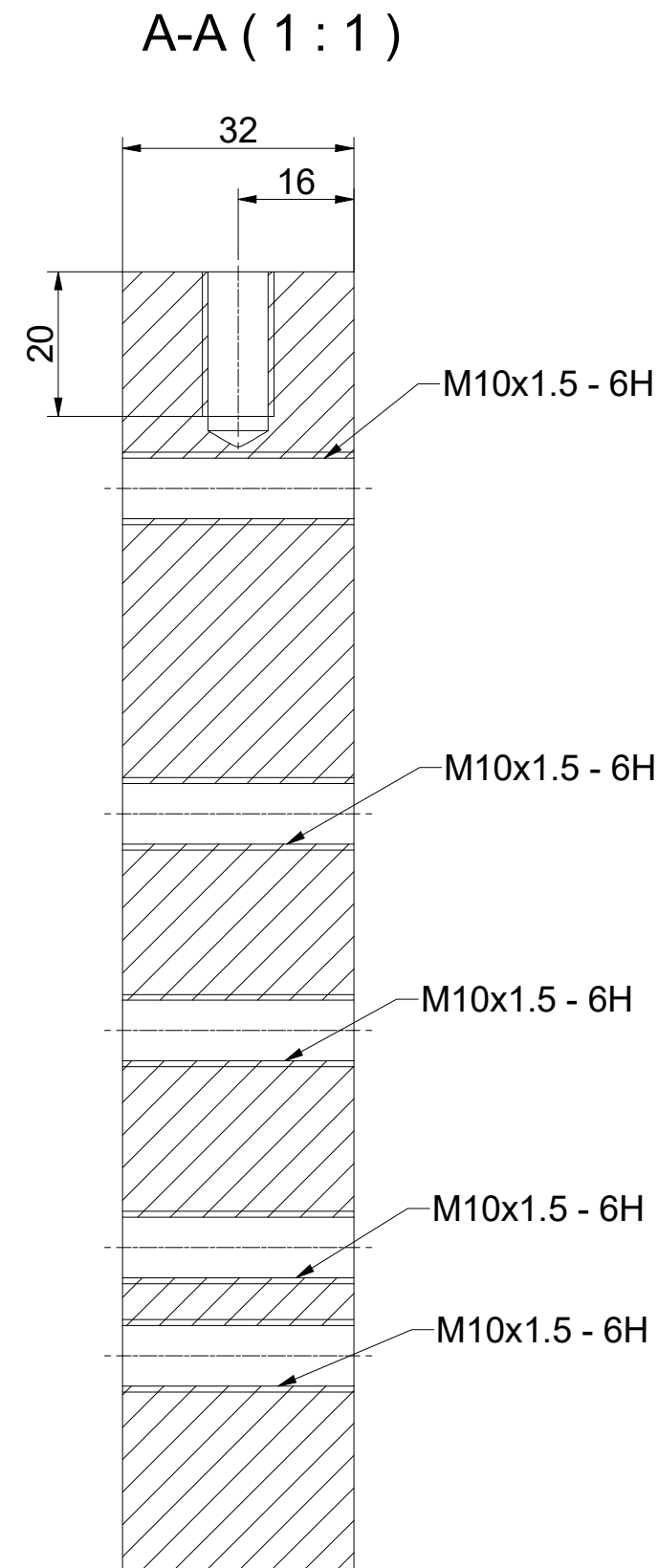
ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL, NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA		Descripción:	
		ESTRUCTURA PARA HALADOR DE TUBERÍA	
		Equipo: HALADORA	Maquina: HALA01
		Material: ACERO 1020	Escala: 1:5
		Tratamiento:	
		Dureza:	Medidas en mm.
		Chaflanes: 0,5	Redondeos: 0,5
		Cantidad: 1	Soldaduras: AWS
		Reemplaza a:	HALA01-PLANOS

EQUIVALENCIAS DE ACABADOS		EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS	
ANSI	DIN - ISO 1302	NORMA DIN - ISO 2768-1 DIN 7168	
		MILIMETROS ±	PULGADAS ±
CLASE	FINA (f)	MEDIA (m)	BURDA (b)
4	0,1	0,15	0,2
8	0,2	0,25	0,3
16	0,4	0,4	0,5
32	0,8	0,8	1
63	1,6	1,6	2
125	3,2	3,2	4
250	6,3	6,3	8
500	12,5	12,5	16
1000	25	25	32
2000	50	50	64
4000	100	100	128
MÁS DE 4000	200	200	256

Ubicación Archivo:
C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\Halador\Estructura Halador.iam



HALA01-H (Platina Guia)
MATERIAL: AISI 1020
CANT: 4 UND



EQUIVALENCIAS DE ACABADOS			EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS														
ANSI DIN - ISO 1302			NORMA DIN - ISO 2768-1 DIN 7168														
			MILIMETROS ±							PULGADAS ±							
			DE HASTA	MAQUINADO			CAUCHOS PLÁSTICOS	BURDA (C)	MULTI BURDA (C)	DE FUNDICION	DE HASTA	MAQUINADO			CAUCHOS PLÁSTICOS	BURDA (C)	FUN
			CLASE	FINA (f)	MEDIA (m)	BURDA (C)					FINA (f)	MEDIA (m)	BURDA (C)				
4		0,1															
8		0,2															
16		0,4	0	3	0,05	0,1	0,15	NA	0	1/4	0,002	0,004	0,008	1			
			3	6	0,05	0,1	0,2	0,5	0	1/4	0,002	0,004	0,008	1			
32		0,8	30	30	0,10	0,2	0,5	1	1/4	1/8	0,004	1/128	3/128	1			
63		1,6	30	30	0,15	0,3	0,8	1,5	1/8	4	0,006	1/64	1/32	1			
125		3,2	120	400	0,2	0,5	1,2	2,5	4	12	1/128	3/128	3/64	3			
250		6,3	120	400	0,3	0,8	2	4	12	39	1/64	1/32	3/32	3			
			1000	2000	0,5	1,2	3	6	39	78	1/32	3/64	1/8	3			
			4000	10000	0,5	2	4	8	78	157	1/32	3/32	5/32	5			
DIN - ISO 1302 EN MICROMETROS			MÁS DE 4000														
ANSI EN MICROPULGADAS			4000	NA	3	6	10	NA	1/8	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	

CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:

1. Fabricación y/o montaje.
2. Cambios dimensionales.
3. Especificaciones de soldadura.

Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.

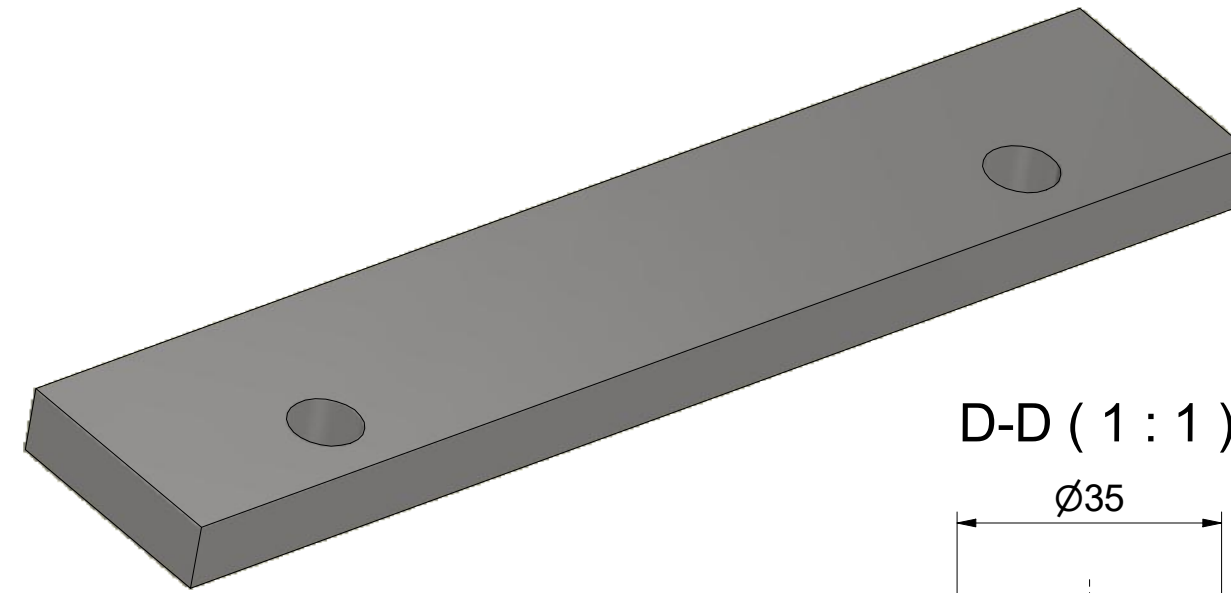
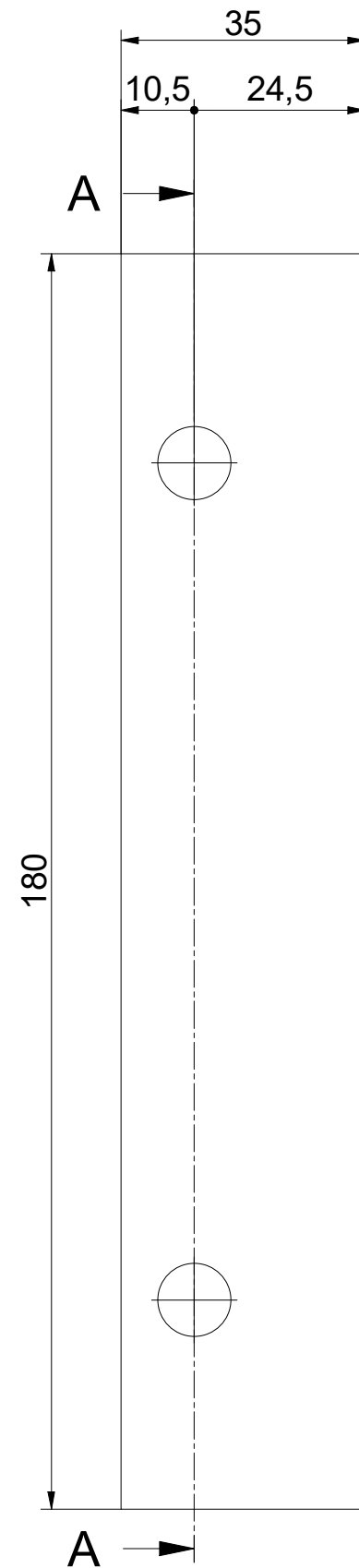
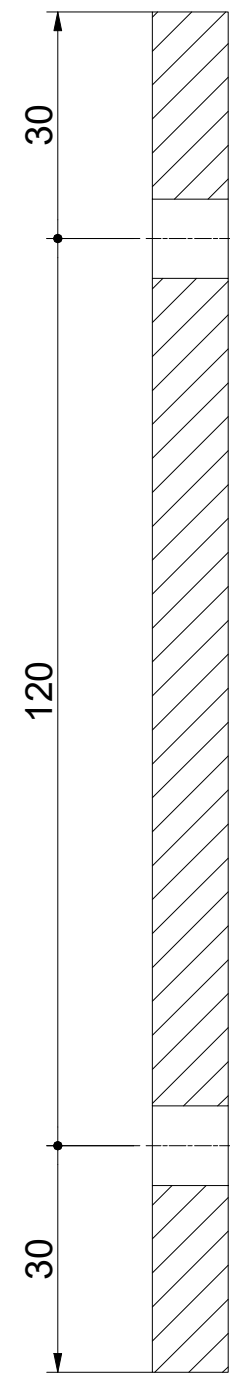
			Descripción:		
			PLATINA PARA GUIA DE CHUMACERA UCT206		
ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN EL NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA			Equipo: HALADOR		Maquina: HALA01
			Material: ACERO AISI 1020		Escala: 1:1
			Tratamiento:		
			Dureza:	Medidas en mm.	Dibujó DANIEL JARAMILLO
Revisó _____ Aprobó _____			Chafilanes: 0,5	Redondeos: 0,5	
Peso: N/D Fecha: 9/07/2019			Cantidad: 1	Soldaduras: AWS	Documento No.: _____
Proyección Acabados:			Reemplaza a:		Hoja: 2
			HALA01-PLANOS De:		

Ubicación Archivo:

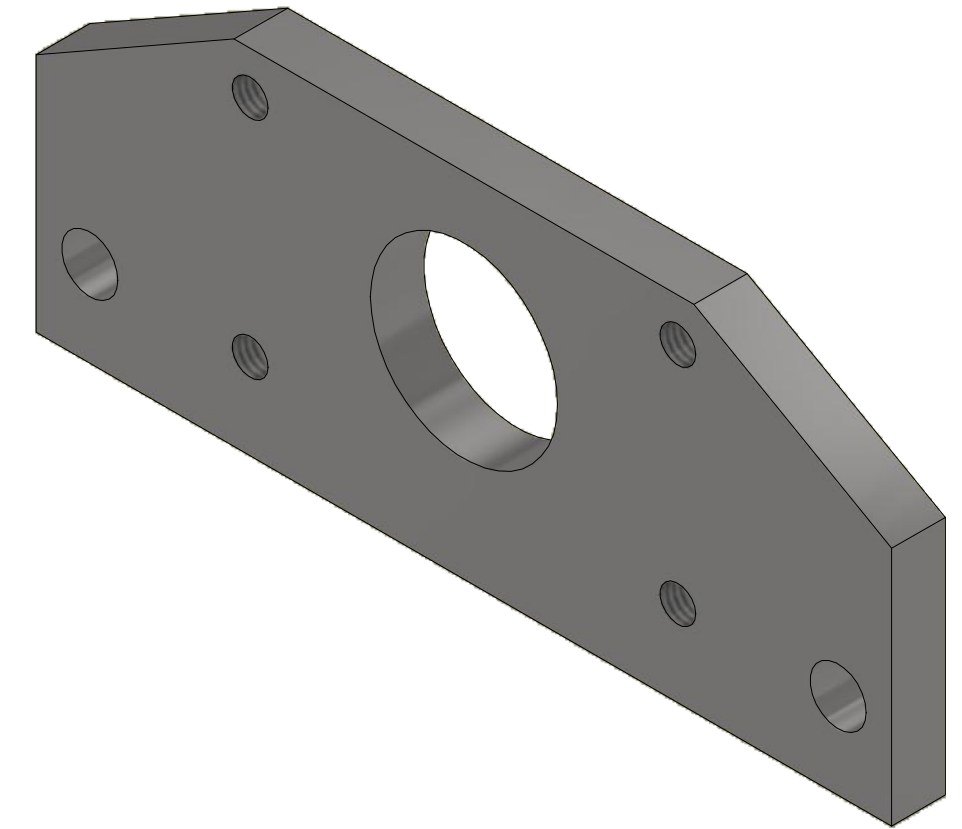
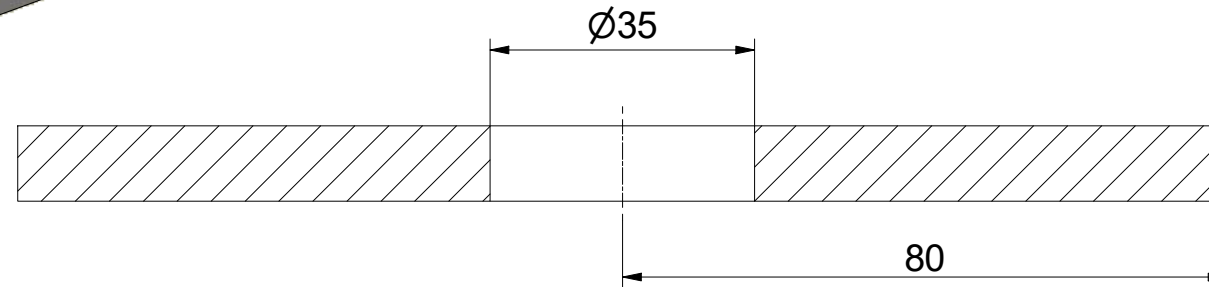
C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\Halador\HALA01-H.ipt

HALA01-I (Platina Superior Guia)
MATERIAL: AISI 1020
CANT: 8 UND

A-A (1 : 1)

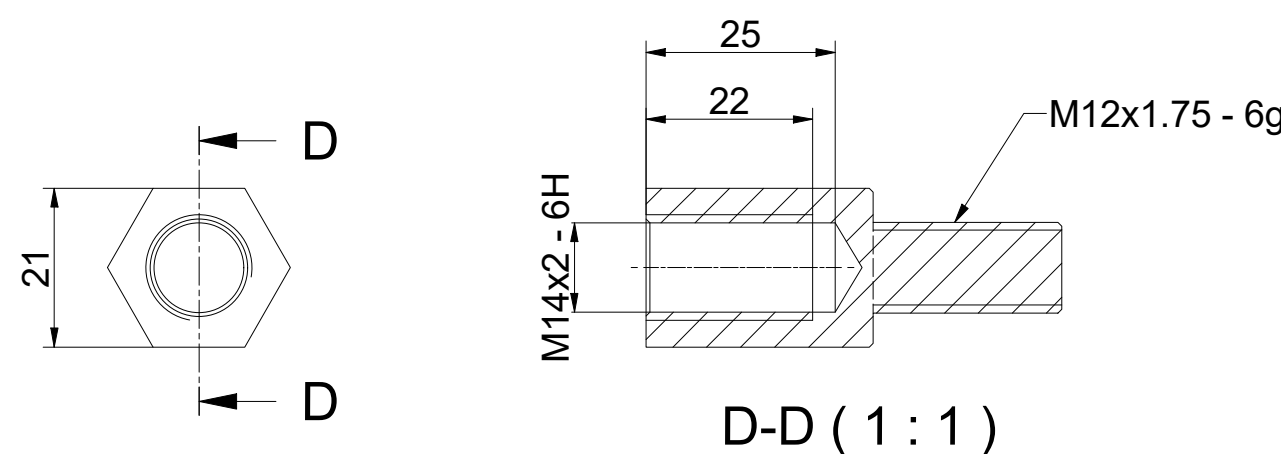
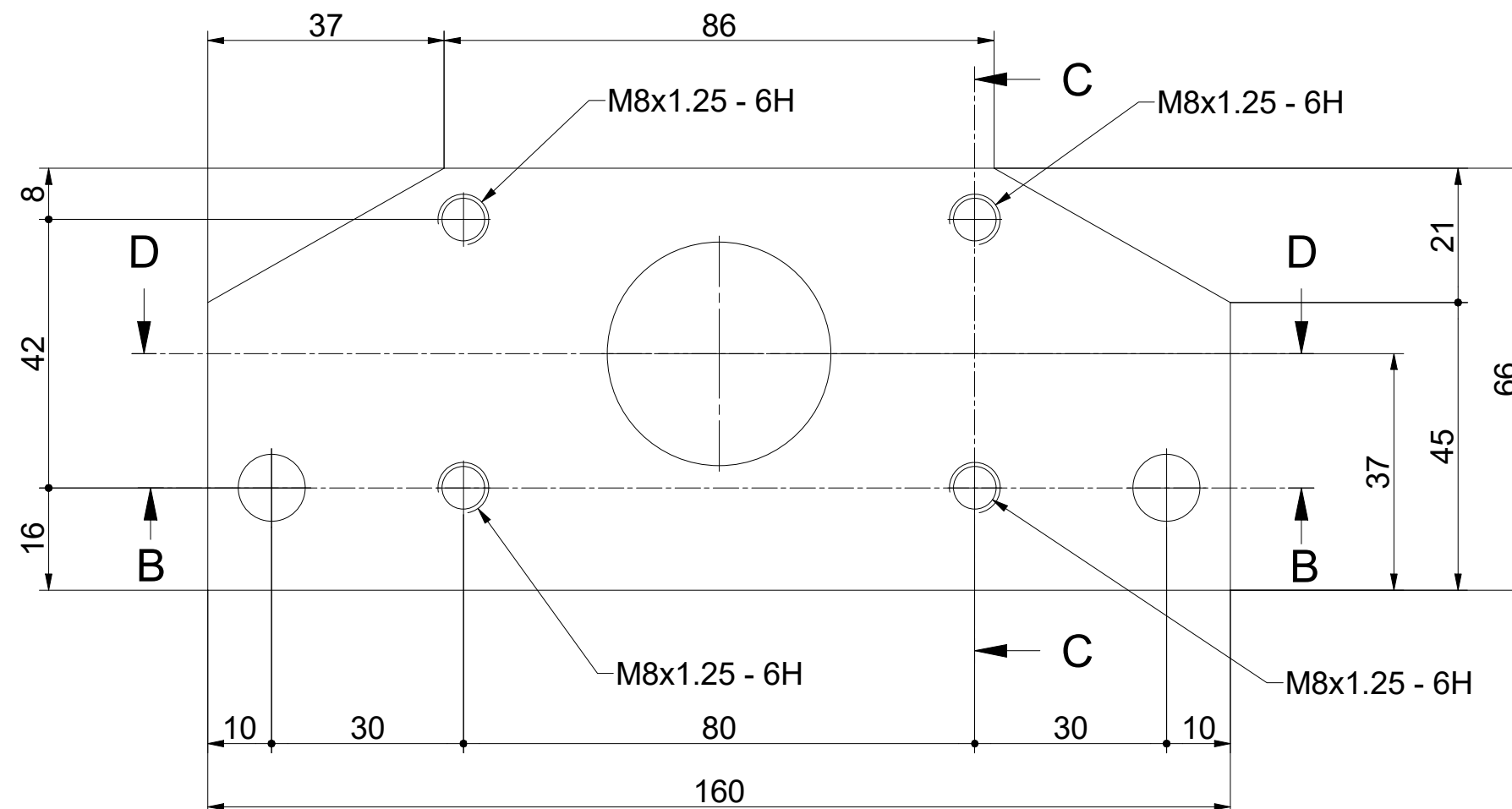
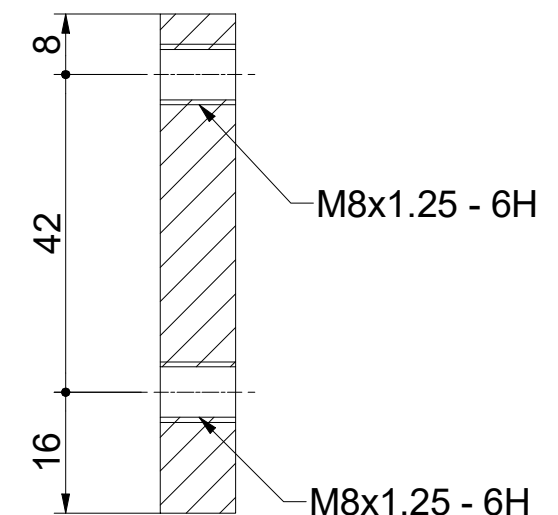


D-D (1 : 1)

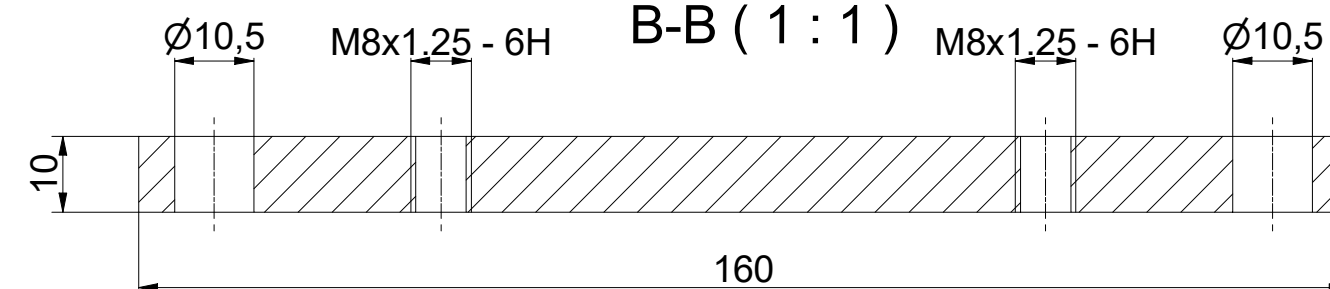


HALA01-J (Platina Base Actuador)
MATERIAL: AISI 1020
CANT: 4 UND

C-C (1 : 1)



D-D (1 : 1)



B-B (1 : 1)

CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:

1. Fabricación y/o montaje.
2. Cambios dimensionales.
3. Especificaciones de soldadura.

Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.



ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL, NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA

Revisó: _____ Aprobó: _____

Peso: N/D Fecha: 9/07/2019

Proyección: _____ Acabados: _____

Reemplaza a: _____

Descripción:
PLATINAS PARA SOPORTE DE ACTUADOR Y
GUÍAS PARA HALADOR DE TUBERÍA

Equipo: HALADOR Maquina: HALA01

Material: AISI 1020 Escala: 1:1

Tratamiento:

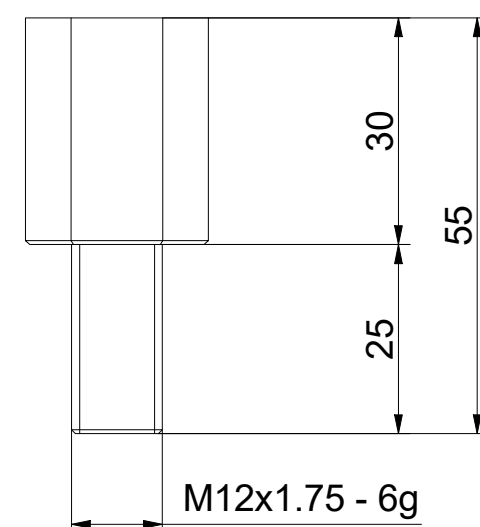
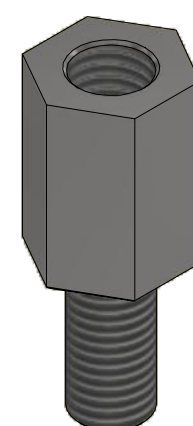
Dureza: _____ Medidas en mm. _____ Dibujó DANIEL JARAMILLO

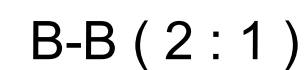
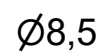
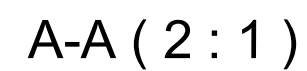
Chafanes: 0,5 Redondeos: 0,5 Cantidad: 1 Soldaduras: AWS Documento No.: _____ Hoja: 3

Reemplaza a: HALA01-PLANOS De: _____

EQUIVALENCIAS DE ACABADOS			EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS											
ANSI	DIN - ISO 1302		NORMA DIN - ISO 2768-1 DIN 7168											
			MILIMETROS ±						PULGADAS ±					
			DE CLASE	MAQUINADO	CAUCHOS PLÁSTICO	CAUDERER PLÁSTICO	DE PUNZACION	DE PUNZACION	MAQUINADO	CAUCHOS PLÁSTICO	CAUDERER PLÁSTICO	DE PUNZACION	DE PUNZACION	DE PUNZACION
			FINA (f)	MEDIA (m)	BURDA (b)	MUY BURDA (v)	HASTA	HASTA	FINA (f)	MEDIA (m)	BURDA (b)	MUY BURDA (v)	HASTA	HASTA
4	▽	0,1	0	3	0,05	0,1	0,15	NA	0	1/4	0,002	0,004	0,008	NA
16	▽	0,2	3	6	0,05	0,1	0,2	0,5	0	1/4	0,002	0,004	0,008	1/64
32	▽	0,4	6	30	0,10	0,2	0,5	1	1/4	1/8	0,004	1/128	3/128	1/32
63	▽	0,8	30	120	0,15	0,3	0,8	1,5	4	1/8	0,006	1/64	1/32	1/16
125	▽	1,6	120	400	0,2	0,5	1,2	2,5	12	1/8	1/128	3/128	3/64	3/32
250	▽	3,2	400	1000	0,3	0,8	2	4	39	1/4	1/64	1/32	3/32	1/8
500	▽	6,3	1000	2000	0,5	1,2	3	6	78	3/8	3/128	3/64	1/8	3/16
	▽	12,5	2000	4000	0,5	2	4	8	157	1/2	1/32	3/32	5/32	5/16
	▽	25	4000	8000	NA	3	6	10	NA	1/8	1/4	3/8		
DIN - ISO 1302 EN MICROMETROS			ANSI EN MICROPULGADAS											
MAS DE 4000			MAS DE 157"											

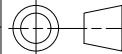
HALA01- M (Perno para Ajuste Presión)
MATERIAL: AISI 1020
CANT: 4 UND





**UNIVERSIDAD
EAFIT®**

ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL,
NO PODRÁ SER USADO Ó REPRODUCIDO TOTAL O
PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA

4			
2			
5			
2			
	Revisó		Aprobó
6	Peso: N/D	Fecha:	9/07/2019
6	Proyección	Acabados:	
			

Descripción:	
--------------	--

PLATINA SOPORTE DE ACTUADOR

	Equipo: SECADORA
--	---------------------

Maquina:	SEC01
----------	-------

	Material:

ACERO AISI 4140

Tratamiento:	
--------------	--

Escala:

1:2

Durezza:

Medidas en mm

Dibujó	DANIEL JARAMILLO
--------	------------------

9	Chafanes: 0.5
---	---------------

Redondeos: 0.5

Cantidad:	
-----------	--

Documento No.:		
----------------	--	--

Reemplaza a:

HAI A01-PLANOS De:

Ubicación Archivo:

C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\Halador\HALA01-K.ipt

F

E

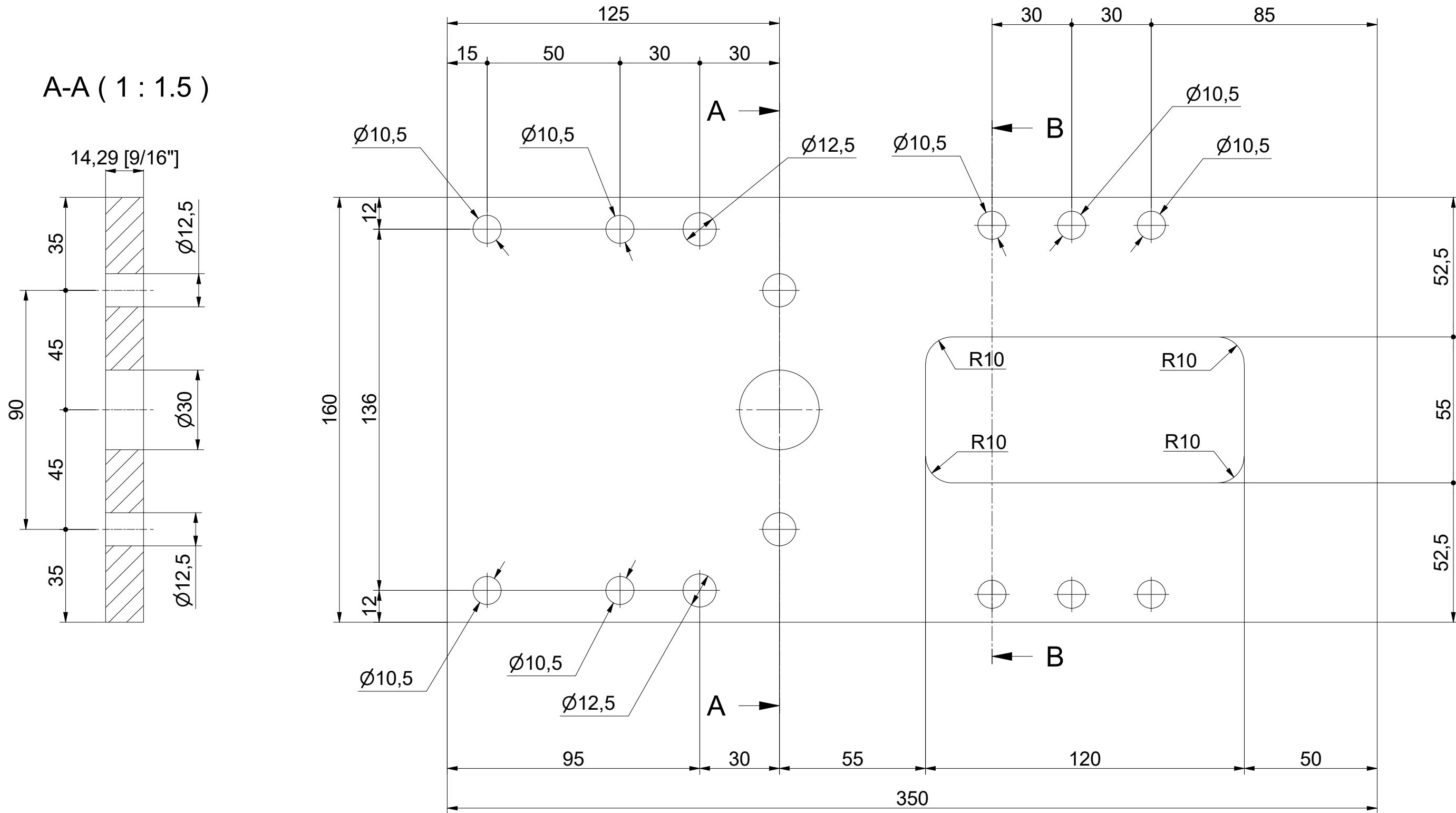
V

D

C

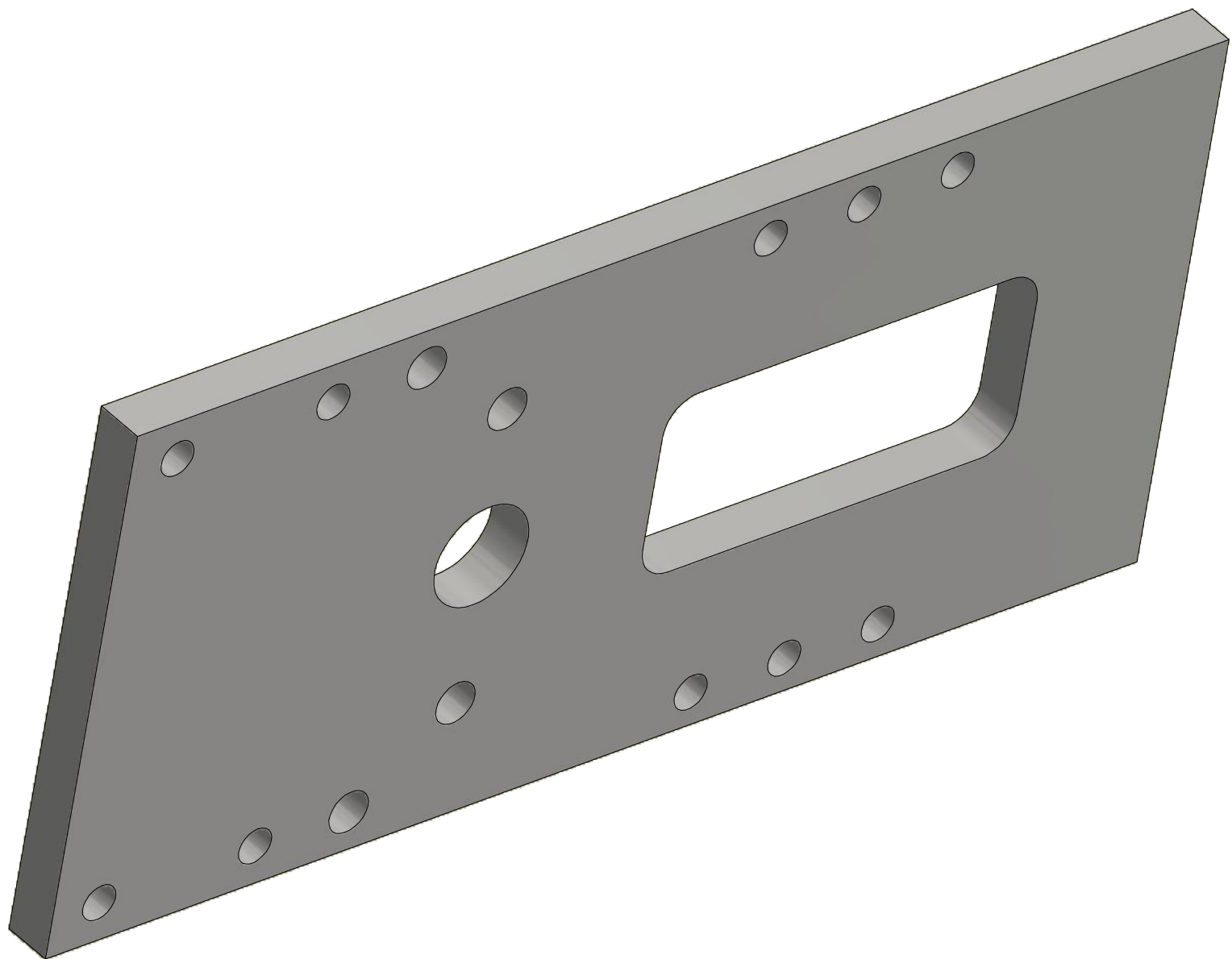
B

A



B-B (1 : 1.5)

HALA01-L (Platina Soporte de Rodillos)
MATERIAL: AISI 1020
CANT: 4 UND



CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:

1. Fabricación y/o montaje.
2. Cambios dimensionales.
3. Especificaciones de soldadura.

Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.



ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL, NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA

Revisó: _____ Aprobó: _____

Peso: 5.319 kg Fecha: 9/07/2019

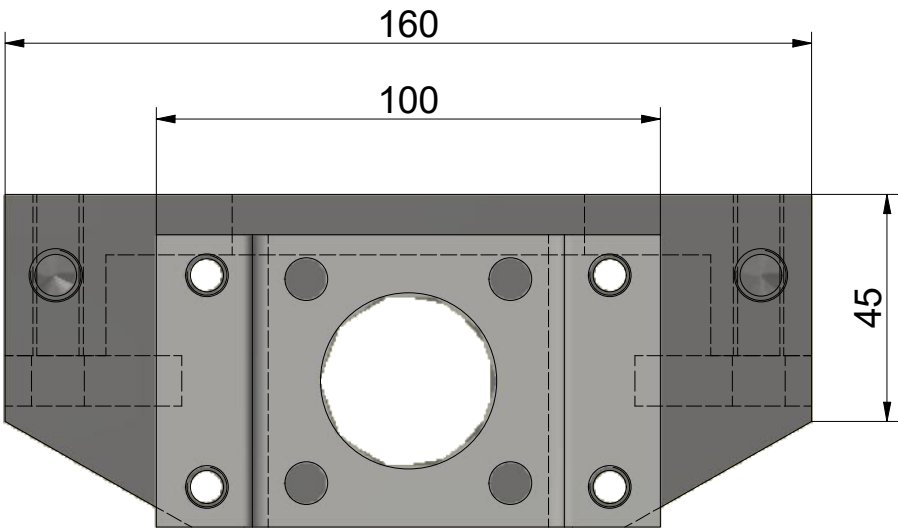
Proyección: _____ Acabados: _____

Ubicación Archivo: C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\Halador\Hala01-L (Platina Soporte a Estructura).ipt

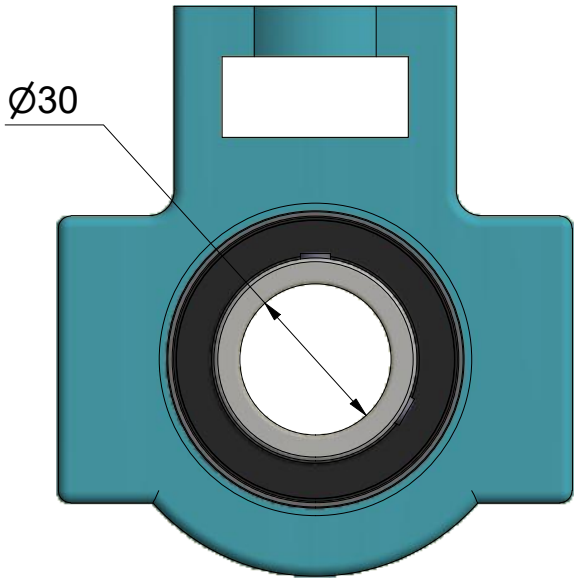
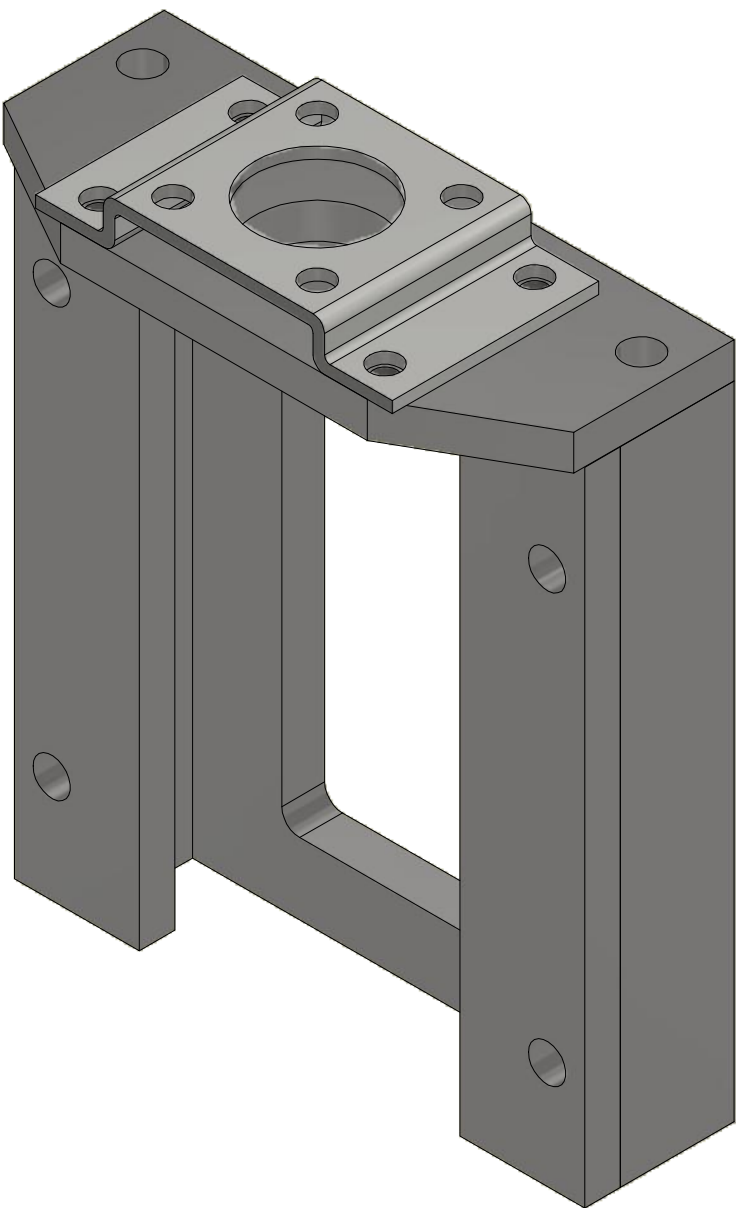
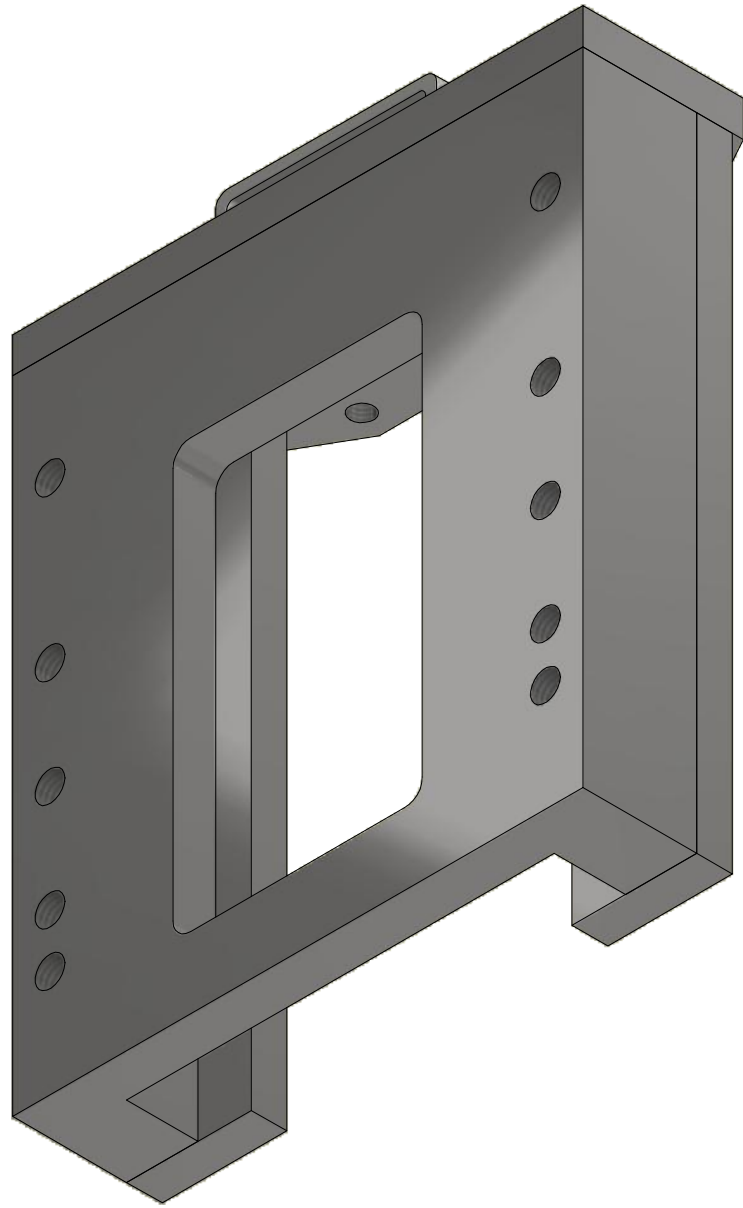
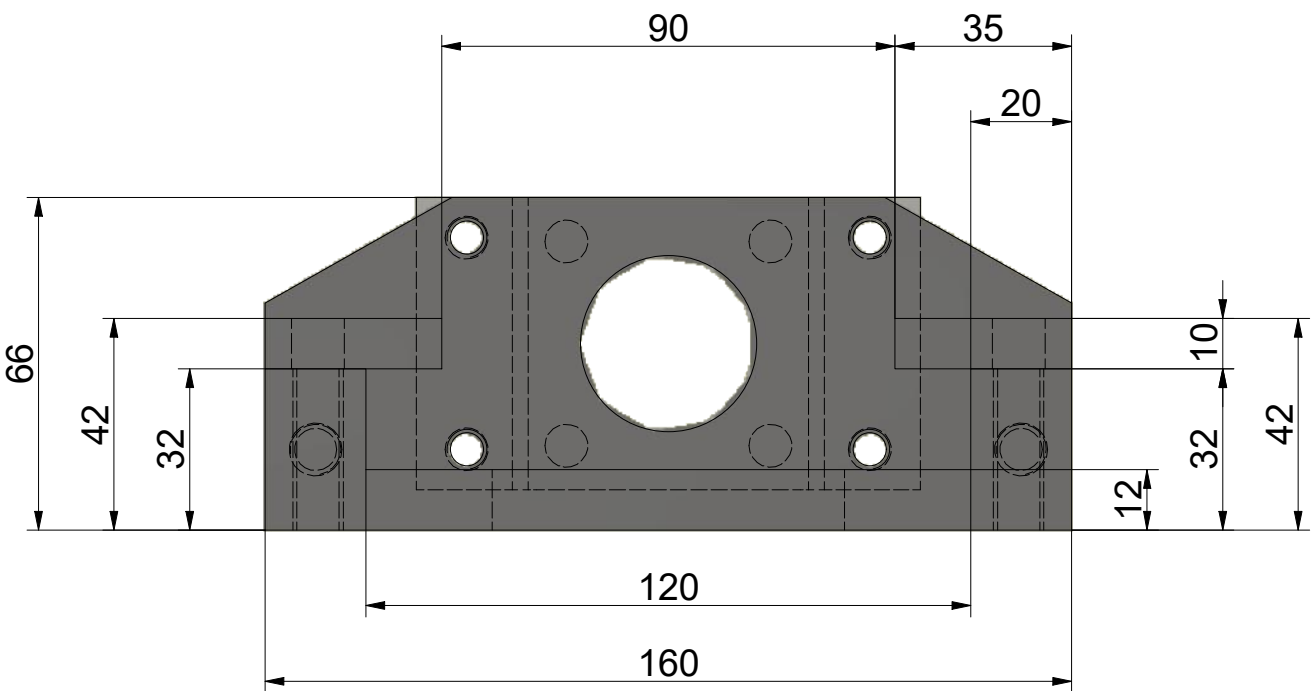
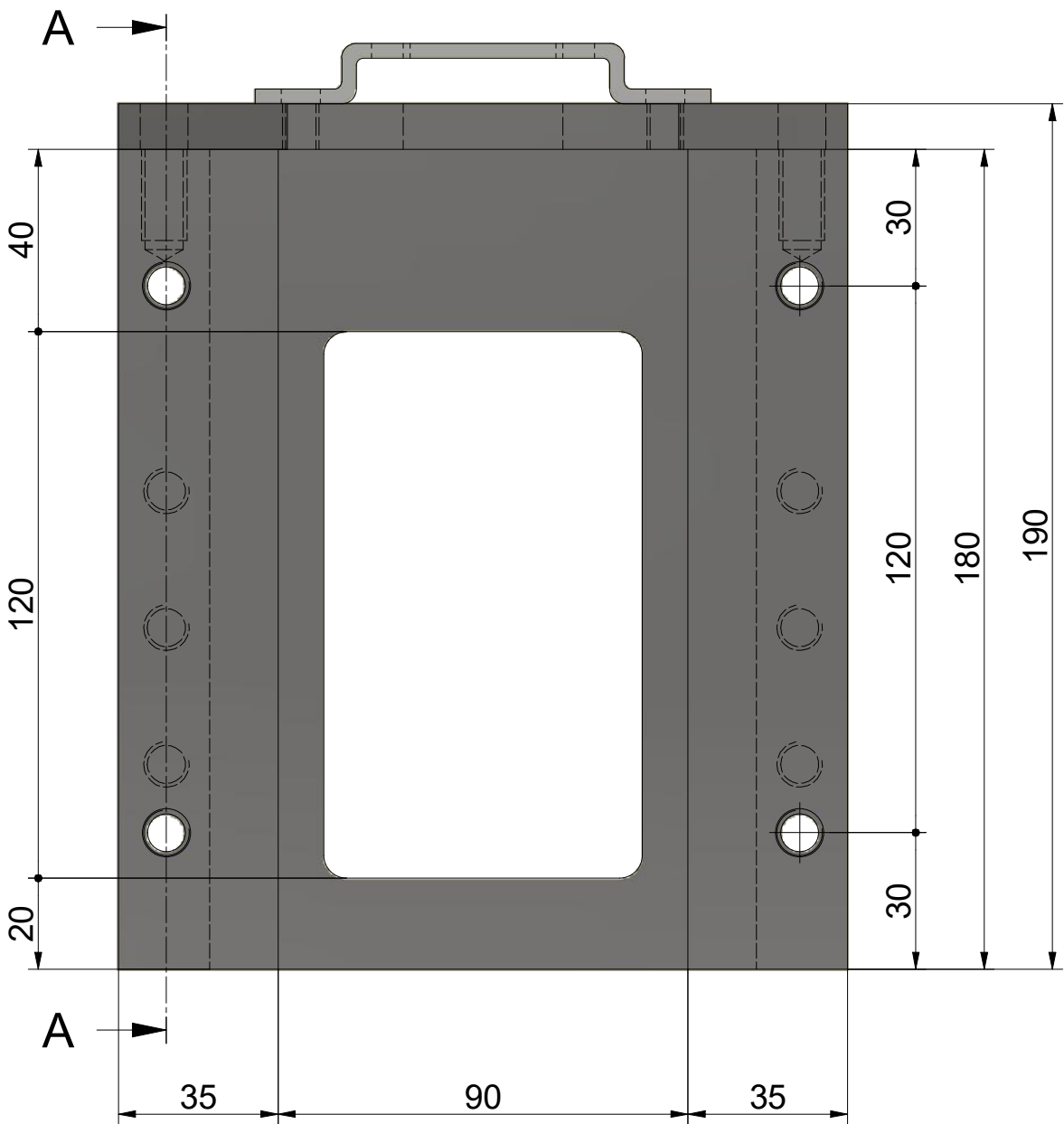
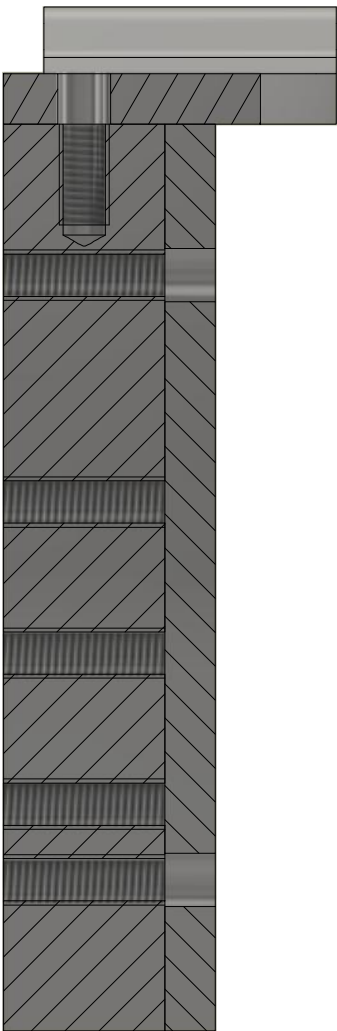
EQUIVALENCIAS DE ACABADOS			EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS														
ANSI	DIN - ISO 1302		NORMA DIN - ISO 2768-1 DIN 7168														
			MILIMETROS ±						PULGADAS ±								
			DE HASTA	MAQUINADO	CAUCHOS PLÁSTICO	CAUDERER PUNZACION	DE HASTA	MAQUINADO	CAUCHOS PLÁSTICO	CAUDERER PUNZACION	DE HASTA	MAQUINADO	CAUCHOS PLÁSTICO	CAUDERER PUNZACION			
			CLASE	FINA (f)	MEDIA (m)	BURDA (c)	MIXT BURDA (v)	CLASE	FINA (f)	MEDIA (m)	BURDA (c)	MIXT BURDA (v)	CLASE	FINA (f)	MEDIA (m)	BURDA (c)	MIXT BURDA (v)
4			0	0,05	0,1	0,15	NA	0	0,002	0,004	0,008	NA	0	0,002	0,004	0,008	NA
16			3	0,05	0,1	0,2	0,5	1/4	0,002	0,004	0,008	1/64	3	0,05	0,1	0,2	0,5
32			6	0,05	0,1	0,2	0,5	1/4	0,002	0,004	0,008	1/32	6	0,05	0,1	0,2	0,5
63			30	0,10	0,2	0,5	1	1/8	0,004	1/128	3/128	1/16	30	0,10	0,2	0,5	1
125			120	0,15	0,3	0,8	1,5	4	0,006	1/64	1/32	1/16	120	0,15	0,3	0,8	1,5
250			400	0,2	0,5	1,2	2,5	12	1/128	3/128	3/64	3/32	400	0,2	0,5	1,2	2,5
500			1000	0,3	0,8	2	4	39	1/64	1/32	3/32	1/8	1000	0,3	0,8	2	4
			2000	0,5	1,2	3	6	78	3/128	3/64	1/8	3/16	2000	0,5	1,2	3	6
			4000	0,5	2	4	8	157	1/32	3/32	5/32	5/16	4000	0,5	2	4	8
DIN - ISO 1302 EN MICROMETROS ANSI EN MICROPIELES			MÁS DE 4000	NA	3	6	10	MÁS DE 157"	NA	1/8	1/4	3/8	MÁS DE 4000	NA	3	6	10

Descripción:				ENSAMBLE DE PLATINAS GUIAS PARA ACTUADOR DE HALADOR DE TUBERÍA EN PVC			
Equipo:		Maquina:		HALADOR		HALA01	
Material:		AISI 1020		Escala:		1:1	
Tratamiento:		Dureza:		Medidas en mm.		Dibujó	
Cantidad:		Soldaduras:		Chaflanes: 0,5		Redondeos: 0,5	
Reemplaza a:		Proyección:		Acabados:		Documento No.:	
						HALA01-PLANOS	
						De:	

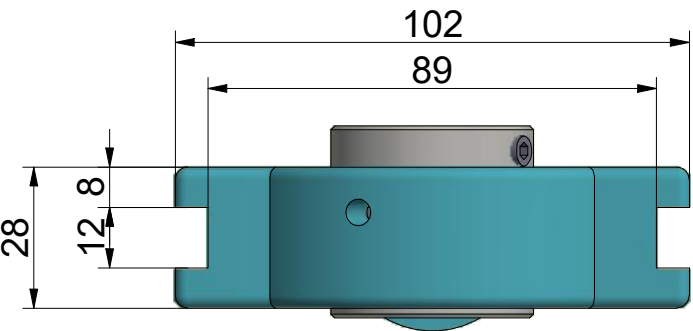
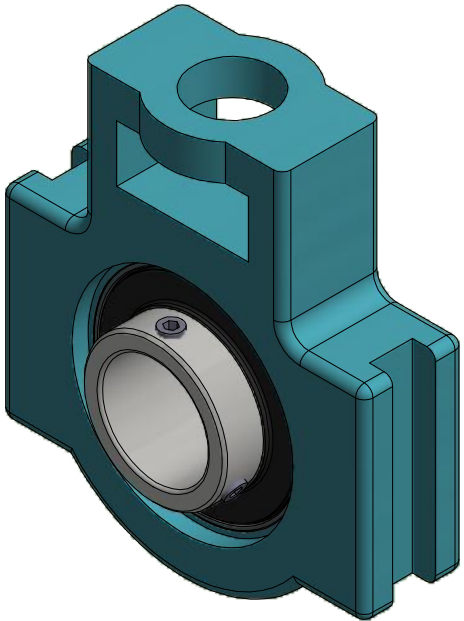
HALA01-HILJK (ENSAMBLE PLATINAS GUIAS CHUMACERA UCT206)
MATERIAL: AISI 1020
CANT: 4 UND



A-A (1 : 1.5)



C-ARSA-CHUMACERA UCT206 (EJE Ø30 MM)
PARTE COMERCIAL
CANT: 4 UND



CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:
1. Fabricación y/o montaje.
2. Cambios dimensionales.
3. Especificaciones de soldadura.
Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.



EQUIVALENCIAS DE ACABADOS		EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS											
ANSI	DIN - ISO 1302	NORMA DIN - ISO 2768-1 DIN 7168											
		MILIMETROS ±						PULGADAS ±					
		DE CLASE	MAQUINADO FINA (f)	MAQUINADO MEDIO (m)	MAQUINADO BURDA (b)	MAQUINADO MUY BURDA (v)	DE CLASE	MAQUINADO FINA (f)	MAQUINADO MEDIO (m)	MAQUINADO BURDA (b)	MAQUINADO MUY BURDA (v)	DE CLASE	MAQUINADO FINA (f)
4	0.1	0	0.05	0.1	0.15	NA	0	0.002	0.004	0.008	NA	0	0.002
8	0.2	3	0.05	0.1	0.2	0.5	1/4	0.002	0.004	0.008	1/64	1/4	0.002
16	0.4	6	0.05	0.1	0.2	0.5	1/2	0.002	0.004	0.008	1/32	1/2	0.002
32	0.8	12	0.10	0.2	0.5	1	1	0.004	0.008	0.016	1/16	1	0.004
63	1.6	30	0.15	0.3	0.8	1.5	4	0.006	0.012	0.024	1/8	4	0.006
125	3.2	120	0.2	0.5	1.2	2.5	12	0.012	0.024	0.048	1/4	12	0.012
250	6.3	400	0.3	0.8	2	4	39	0.012	0.024	0.048	1/8	39	0.012
500	12.5	1000	0.5	1.2	3	6	78	0.012	0.024	0.048	1/8	78	0.012
		2000	0.5	1.2	3	6	157	0.012	0.024	0.048	1/8	157	0.012
		4000	0.5	1.2	3	6	315	0.012	0.024	0.048	1/8	315	0.012
		MÁS DE 4000	NA	3	6	10	MÁS DE 157"	NA	1/8	1/4	3/8		

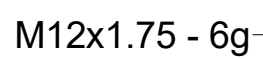
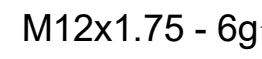
Ubicación Archivo:
C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\Halador\Tube01-04G.ipt

Descripción:				ENSAMBLE DE PLATINA GUIAS DE CHUMACERA UCT206			
Equipo:		Maquina:		HALADOR		HALA 01	
Material:		AISI 1020		Escala:		1:1	
Tratamiento:							
Dureza:		Medidas en mm.		Dibujó		DANIEL JARAMILLO	
Chafanes: 0,5		Redondeos: 0,5		Documento No.:		Hoja: 6	
Cantidad: 1		Soldaduras: AWS		Reemplaza a:		HALA01-PLANOS	
						De:	



Ubicación Archivo:
C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\Halador\Hala01-B (Base Motor).ipt

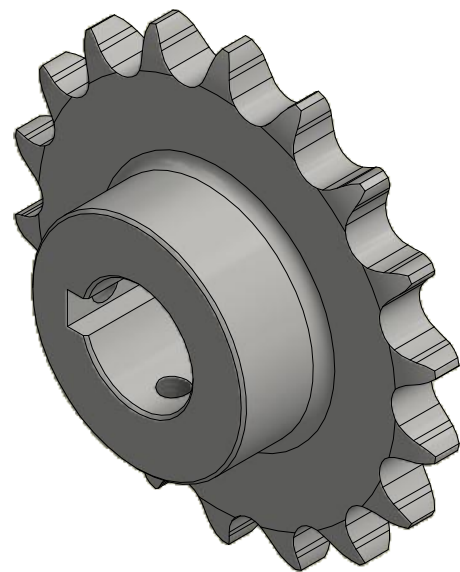
CANT: 4 UND



-(x2) Agujeros M6x1 - 6H @90°



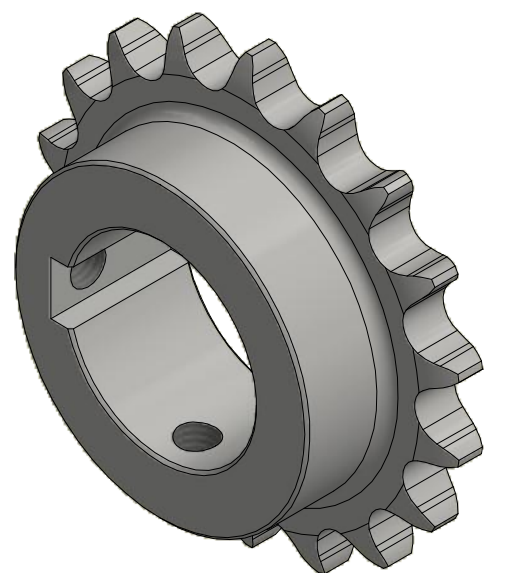
CANT: 3 UND



0796



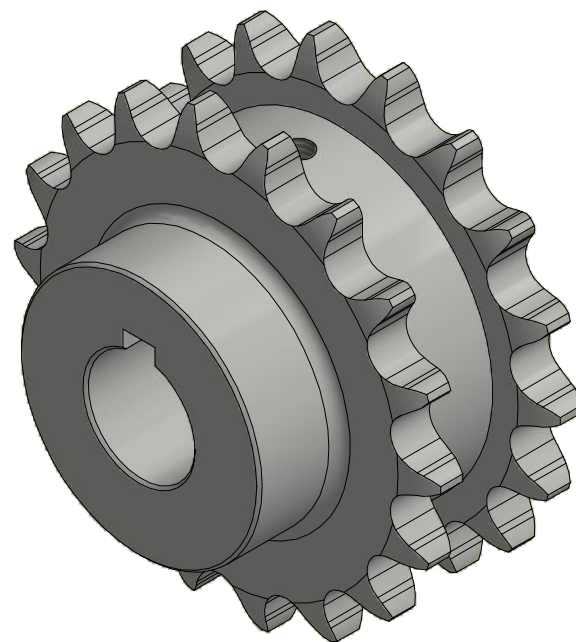
CANT: 1 UND



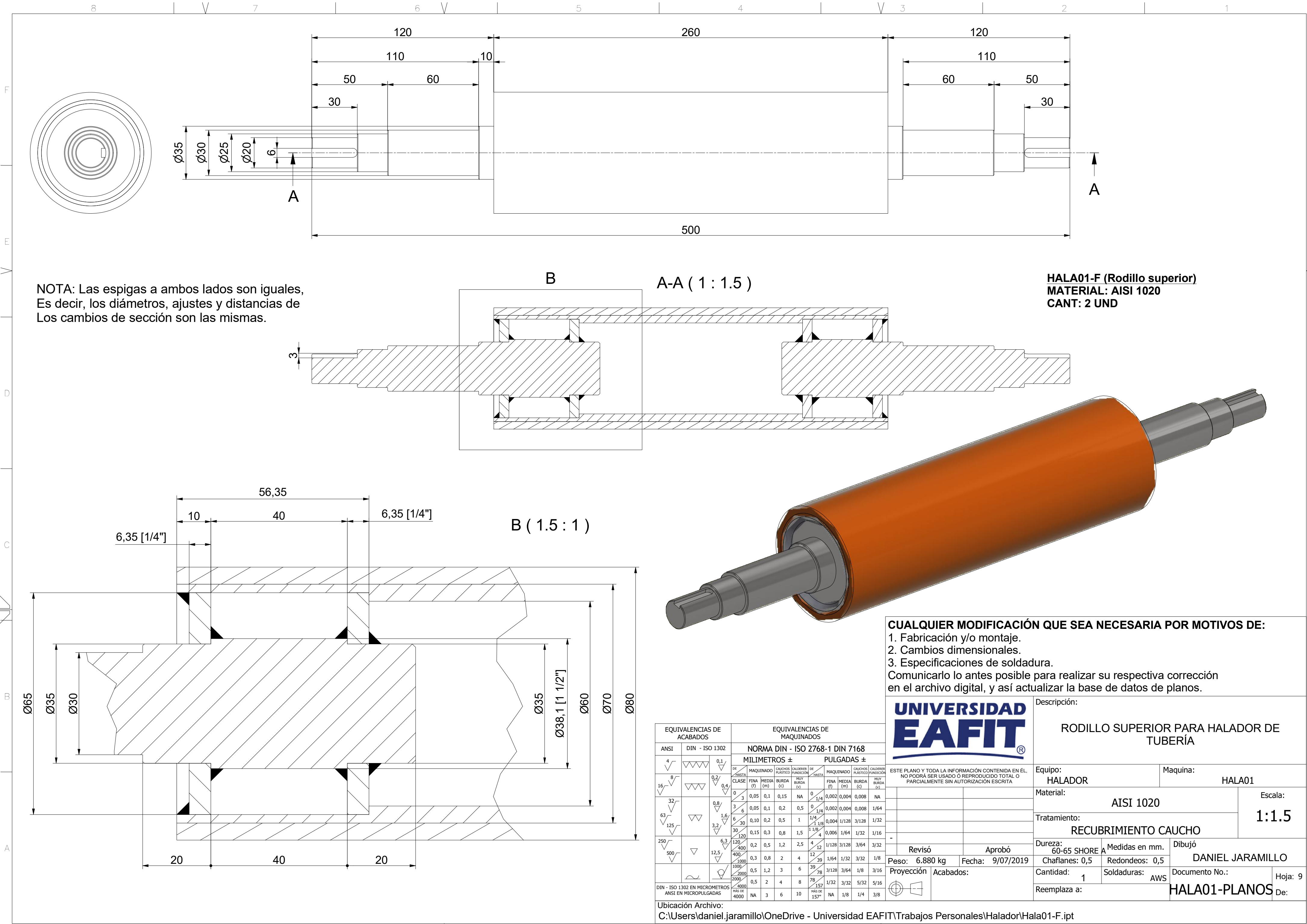
0796

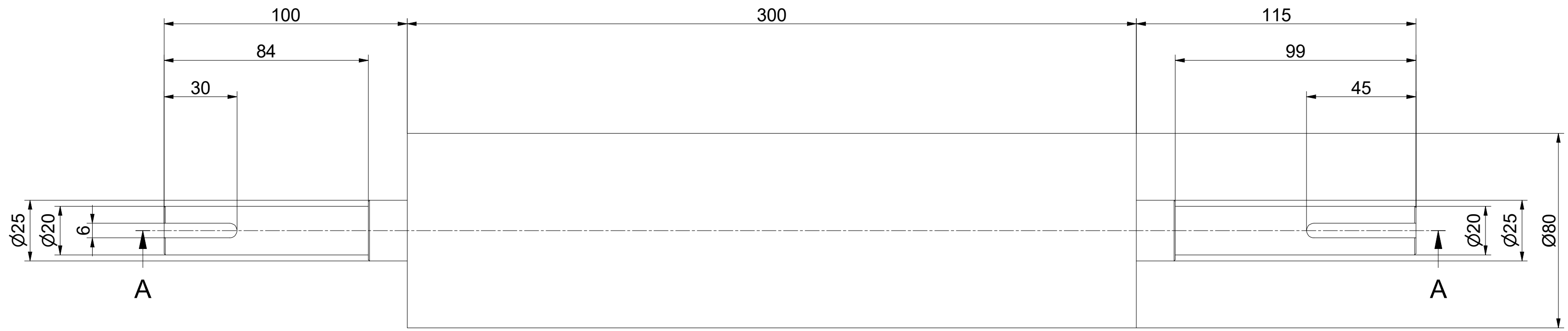


CANT: 1 UND

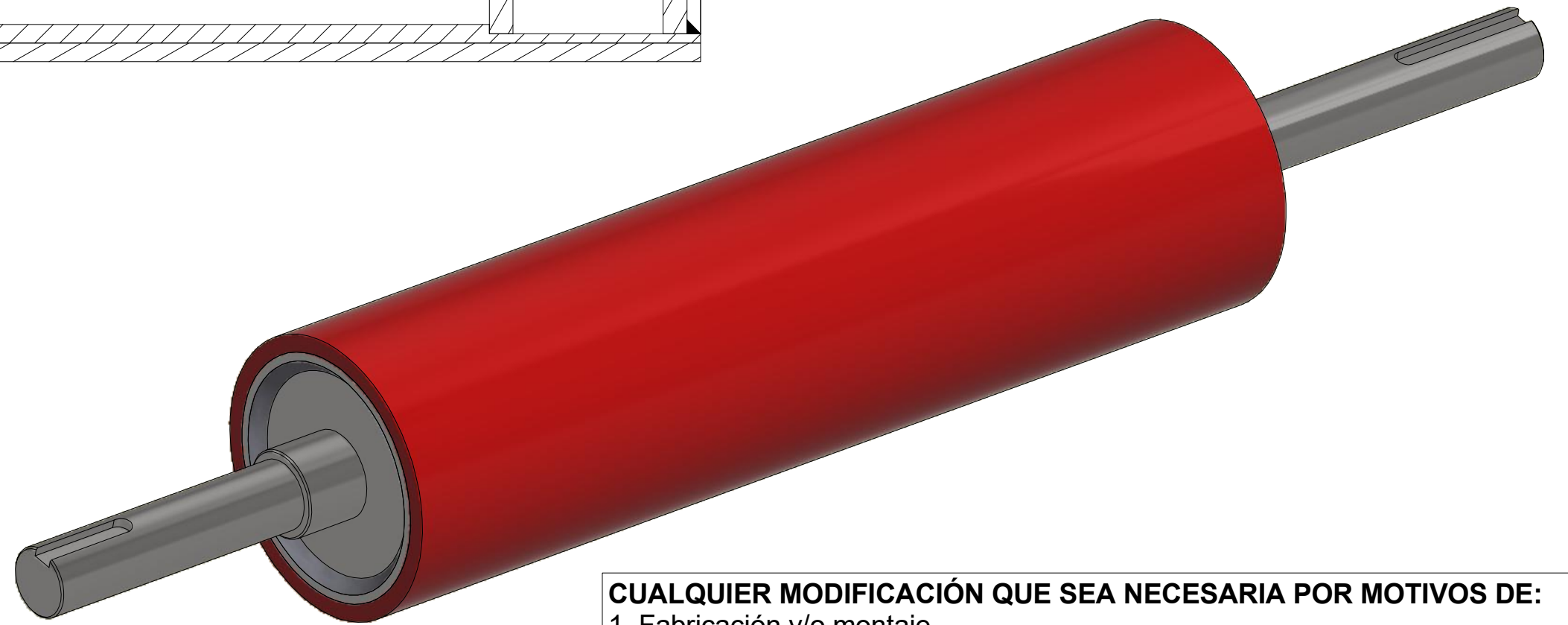
Ubicación Archivo:

C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\Halador\Hala01-A.ipt





B (1.5 : 1)

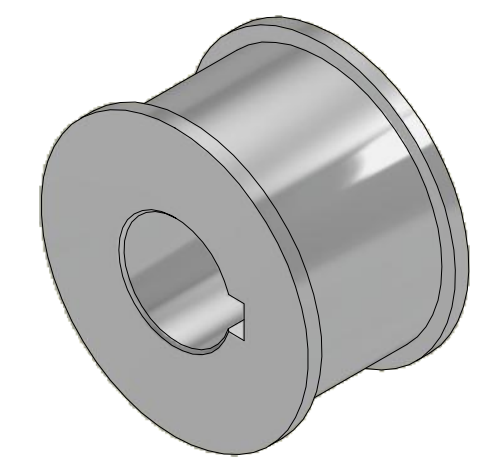
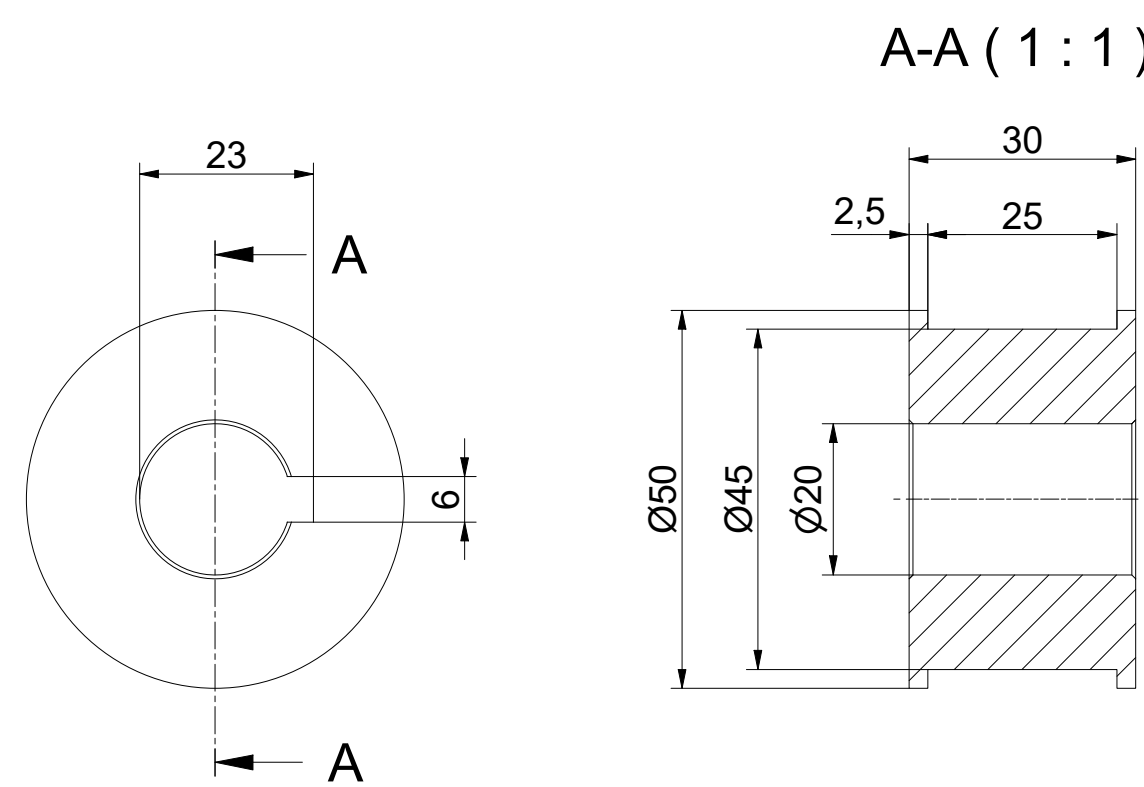


8		
---	--	--

Ubicación Archivo:
C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\Halador\Hala01-E.ipt

F
E
D
C
B
A


8 7 6 5 4 3 2 1



HALA01-G (Polea Plana)
MATERIAL: AISI 1020
CANT: 2 UND

CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:

1. Fabricación y/o montaje.
 2. Cambios dimensionales.
 3. Especificaciones de soldadura.
- Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.

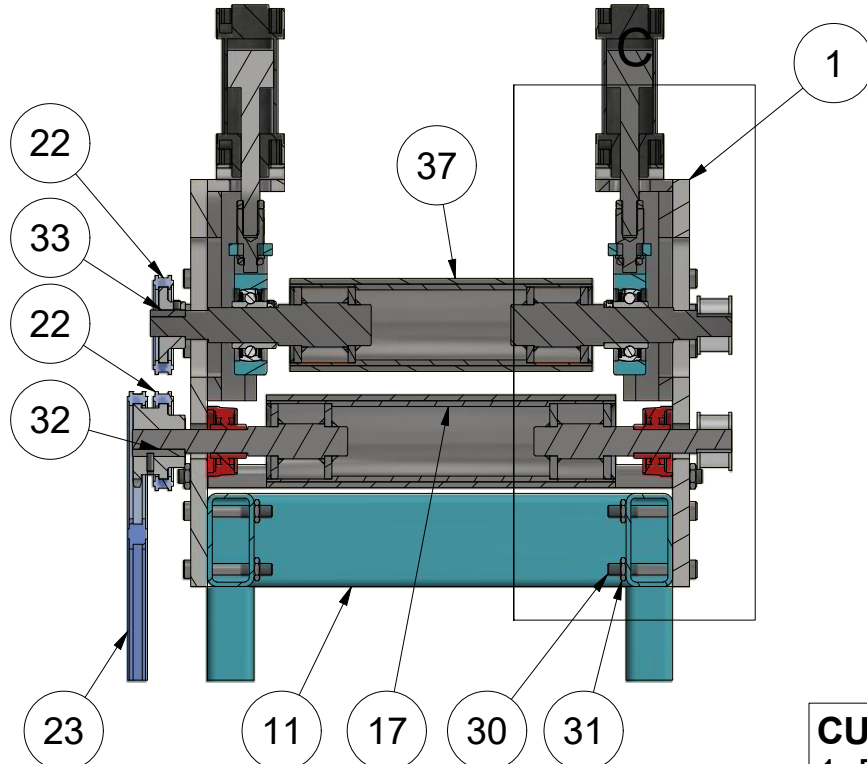
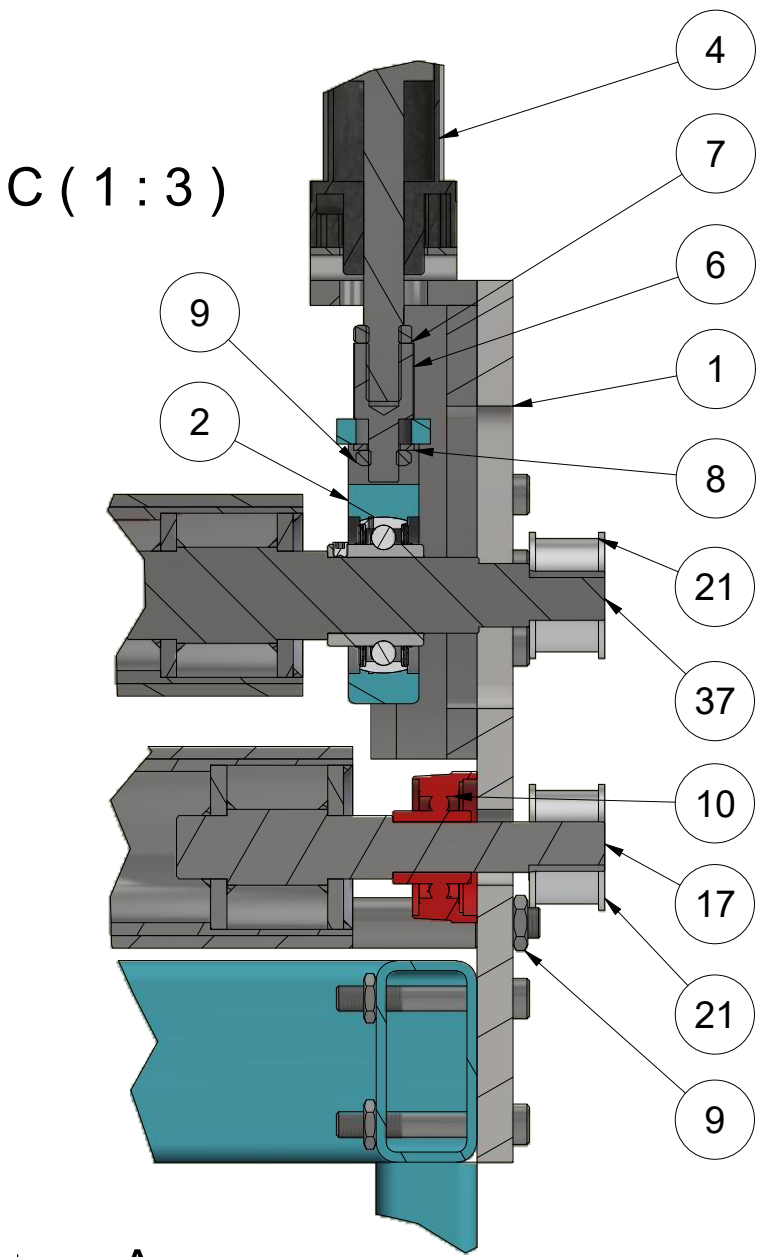
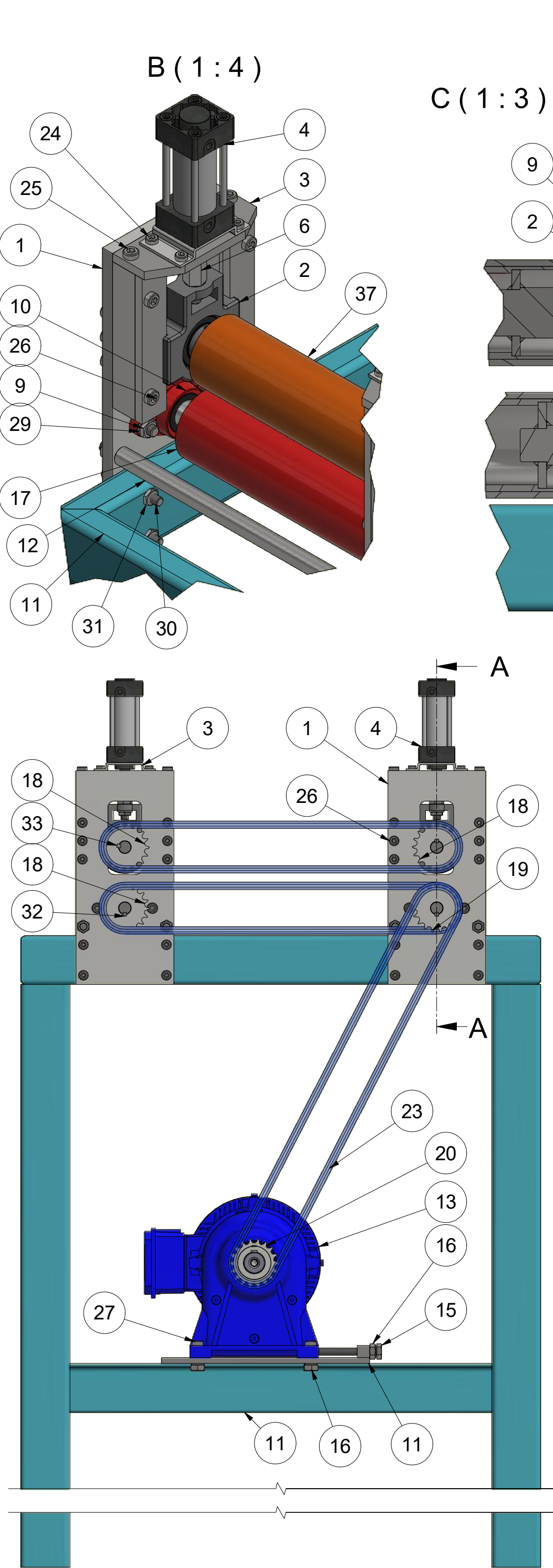
		Descripción:	
		POLEAS PLANAS PARA HALADOR DE TUBERÍA PVC	
ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL, NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA		Equipo:	Maquina:
		HALADOR	HALA 01
		Material:	Escala:
		AISI 1020	1:1
		Tratamiento:	
		Dureza:	Medidas en mm.
		Chaflanes: 0,5	Redondeos: 0,5
		Cantidad: 1	Soldaduras: AWS
		Reemplaza a:	Documento No.:
			HALA01-PLANOS
			Hoja: 11
			De:

EQUIVALENCIAS DE ACABADOS			EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS									
ANSI	DIN - ISO 1302		NORMA DIN - ISO 2768-1 DIN 7168									
			MILIMETROS ±					PULGADAS ±				
			DE HASTA	MAQUINADO	CAUCHOS PLÁSTICO	CALDERER FUNDICIÓN	DE HASTA	MAQUINADO	CAUCHOS PLÁSTICO	CALDERER FUNDICIÓN	DE HASTA	MAQUINADO
			CLASE	FINA (f)	MEDIA (m)	BURDA (c)	MUY BURDA (v)	CLASE	FINA (f)	MEDIA (m)	BURDA (c)	MUY BURDA (v)
4	√	0,1	0	0,05	0,1	0,15	NA	0	0,002	0,004	0,008	NA
16	√	0,2	3	0,05	0,1	0,2	0,5	0	0,002	0,004	0,008	1/64
8	√	0,4	6	0,10	0,2	0,5	1	1/4	0,004	1/128	3/128	1/32
32	√	0,8	30	0,15	0,3	0,8	1,5	1 1/8	0,006	1/64	1/32	1/16
63	√	1,6	120	0,2	0,5	1,2	2,5	4	1/128	3/128	3/64	3/32
125	√	3,2	400	0,3	0,8	2	4	12	1/64	1/32	3/32	1/8
250	√	6,3	1000	0,5	1,2	3	6	39	3/128	3/64	1/8	3/16
500	√	12,5	2000	0,5	2	4	8	78	1/32	3/32	5/32	5/16
	√		4000	NA	3	6	10	157	NA	1/8	1/4	3/8
DIN - ISO 1302 EN MICROMETROS ANSI EN MICROPULGADAS			MÁS DE	4000				MÁS DE	157"			

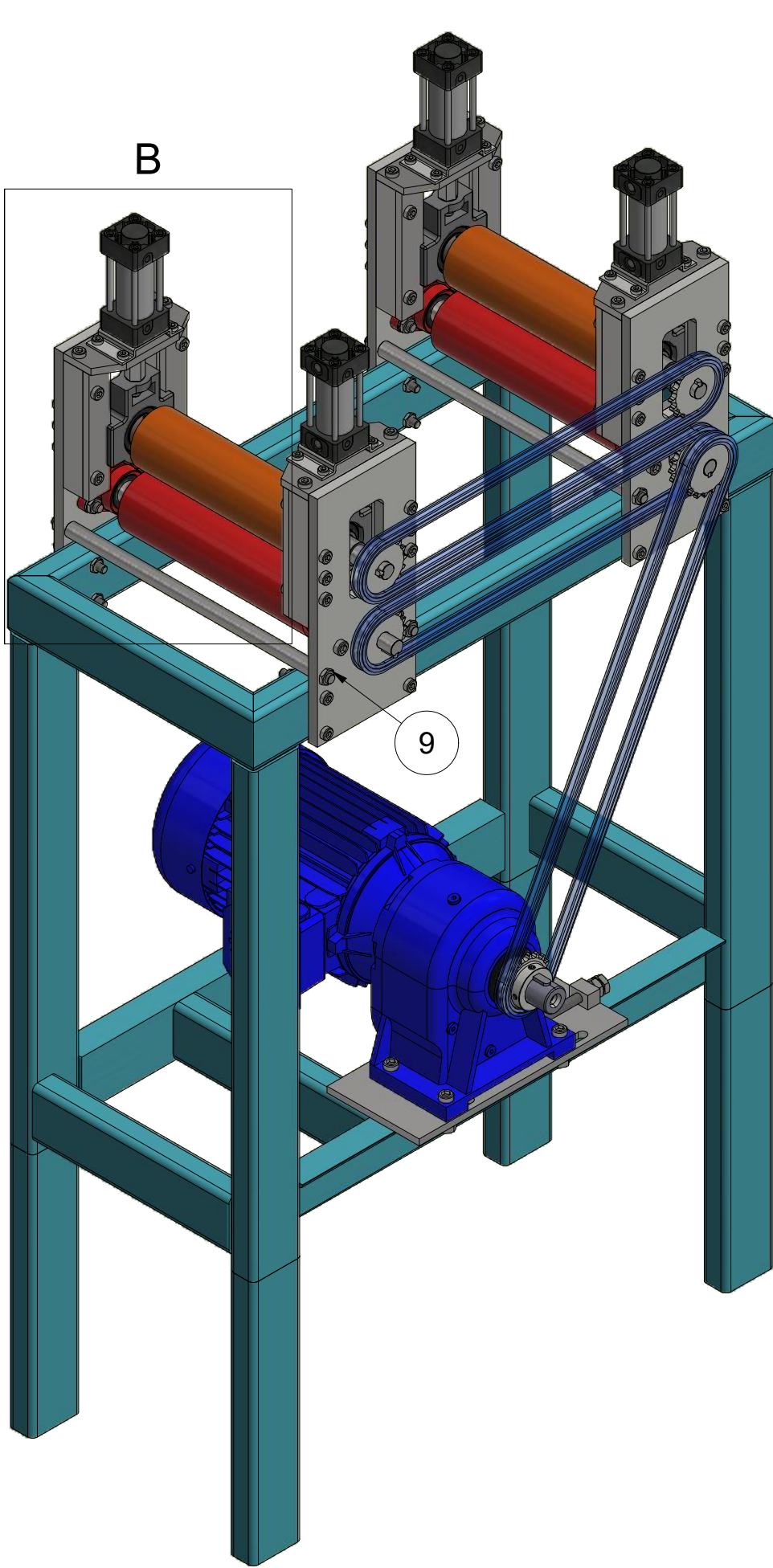
Ubicación Archivo:
C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\Halador\Hala01-G.ipt

C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\Halador\HALA01 (Planos).idw

		8		7		6		5		4		3		2		1
	37	2		Hala01-F												
	36	1	Tornillo sin cabeza con hueco hexagonal	DIN 913 - M6 x 16												
F	35	2	Tornillo sin cabeza con hueco hexagonal	DIN 913 - M8 x 8												
	34	1	Tornillo sin cabeza con hueco hexagonal	DIN 913 - M6 x 20												
	33	4		C-Tornifer-Cha veta 6x6 mm-30 mm												
E	32	2		C-Tornifer-Cha veta 6x6 mm-45 mm												
V	31	16	Tuerca hexagonal	DIN 439 - M10												
	30	16	Tornillo de cabeza cilíndrica	DIN 6912 - M10 x 70												
	29	12	Arandela de presión	DIN 128 - A12												
	28	6	Tornillo sin cabeza con hueco hexagonal	DIN 913 - M6 x 8												
D	27	12	Tornillo de cabeza cilíndrica	DIN 6912 - M12 x 40												
	26	40	Tornillo de cabeza cilíndrica	DIN 6912 - M10 x 40												
	25	8	Tornillo de cabeza cilíndrica	DIN 6912 - M10 x 30												
	24	16	Tornillo de cabeza cilíndrica	DIN 6912 - M8 x 12												
C	23	1		Cadena A												
	22	2		Cadena B												
	21	2		Hala01-G												
	20	1		Hala01-D												
	19	1		Hala01-C												
	18	3		Hala01-B												
	17	2		Hala01-E												
	16	5	Hex Nut	DIN 6915 - M12												
	15	1	Hex-Head Bolt	DIN 6914 - M12 x 95												
	14	1		Hala01-B (Base Motor)												
B	13	1	Motor NORD	Motoreductor_SK30-112MH4												
	12	4		Hala01-A												
	11	1		Estrucuta Halador												
	10	4		UCFL 204												
	9	20	Tuerca hexagonal	DIN 439 - M12												
	8	4	Arandela	DIN 125 - A 13												
	7	4	Tuerca hexagonal	DIN 439 - M14												
	6	4		Tube01-04H												
	4	4	Cilindro Neumático MCQA	MCQA-11-405 0												
A	3	4		Tube01-04G												
	2	4		INAFAG_UCT2 06												
	1	4		Hala01-												
	POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	DOCUMENTO												
			LISTA DE PARTES													



A-A (1 : 6.5)



UNIVERSIDAD EAFIT

ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL, NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA

Revisó

Aprobó

Peso: N/D

Fecha: 9/07/2019

Proyección

Acabados:

Descripción:

ENSAMBLE DE HALADOR PARA TUBERÍA DE PVC

Equipo: HALADOR

Maquina: HALA 01

Material: VARIOS

Tratamiento:

Dureza:

Medidas en mm.

Dibujó DANIEL JARAMILLO

Cantidad: 1

Soldaduras: AWS

Documento No.:

Reemplaza a:

HALA01-PLANOS

De:

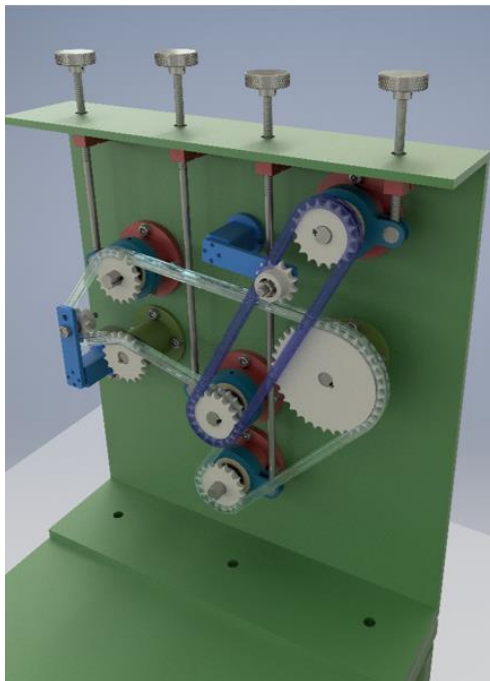
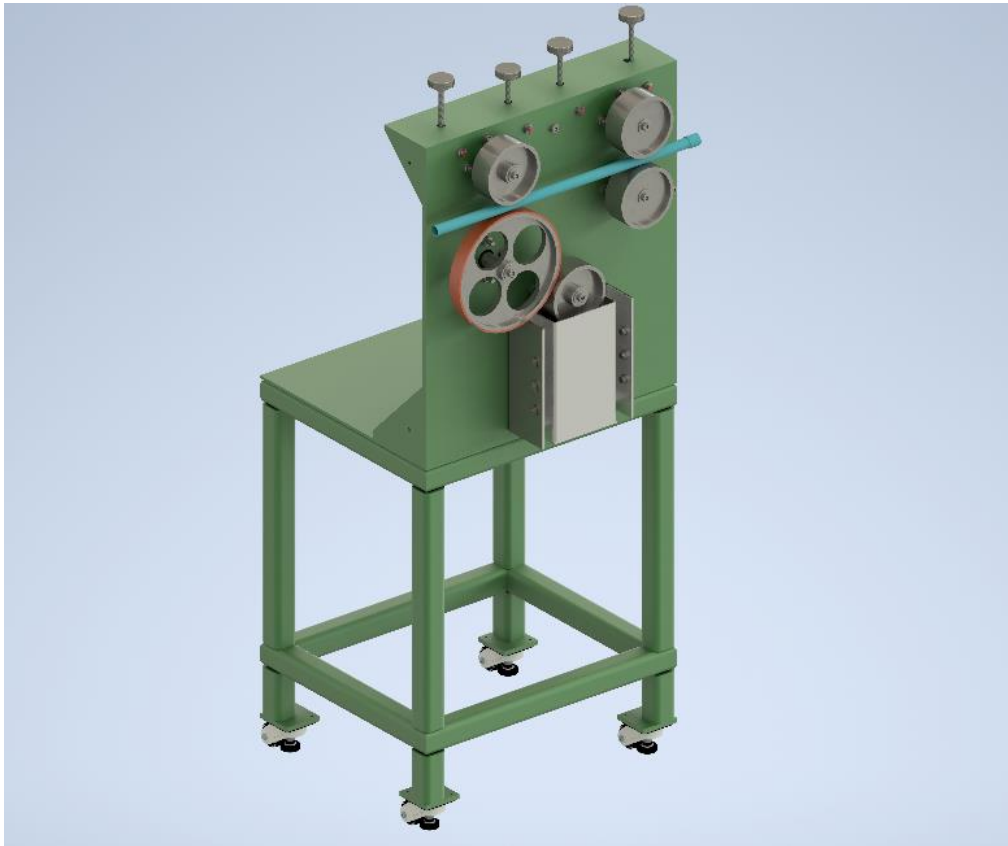
Escala: 1:4

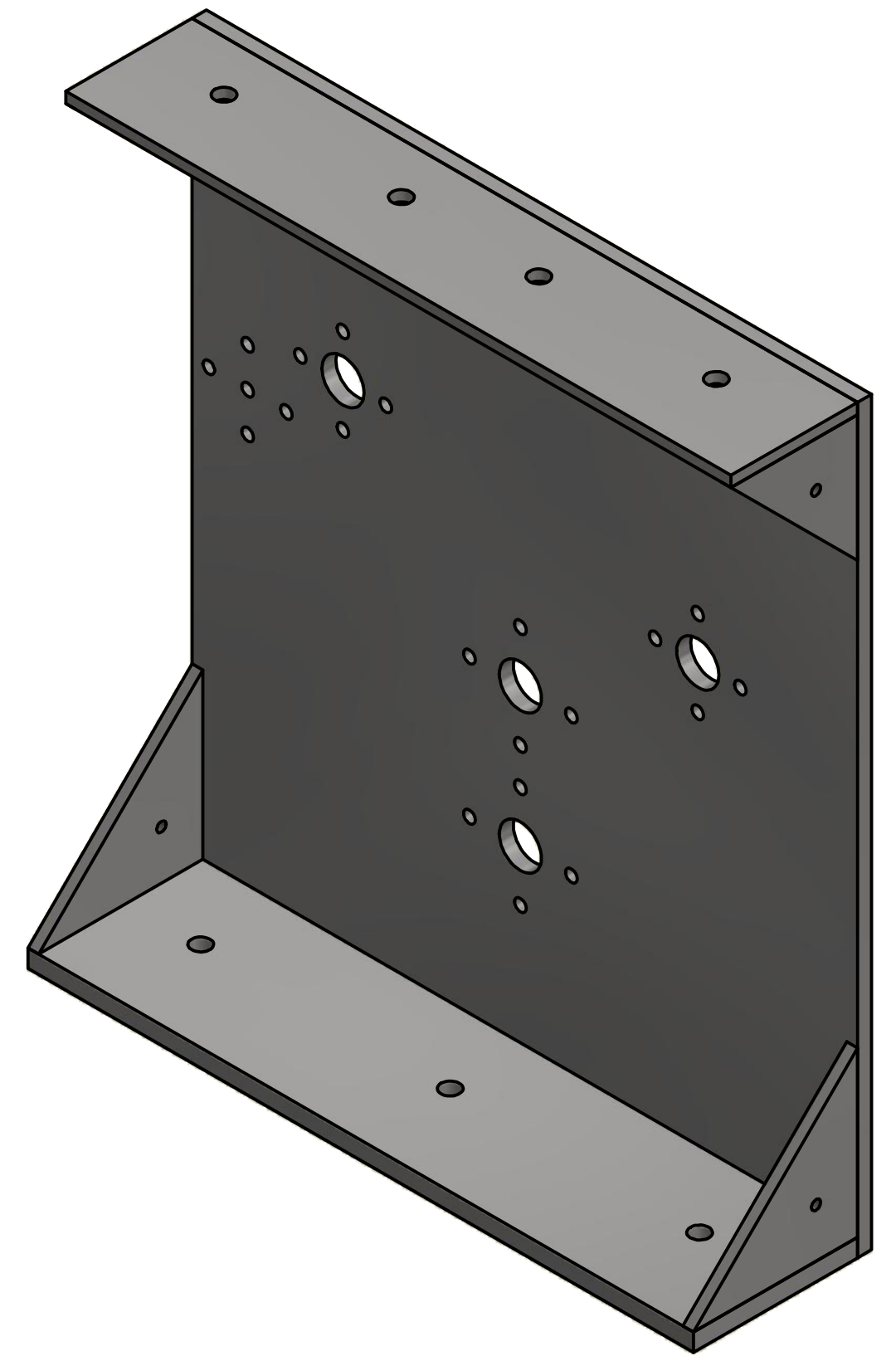
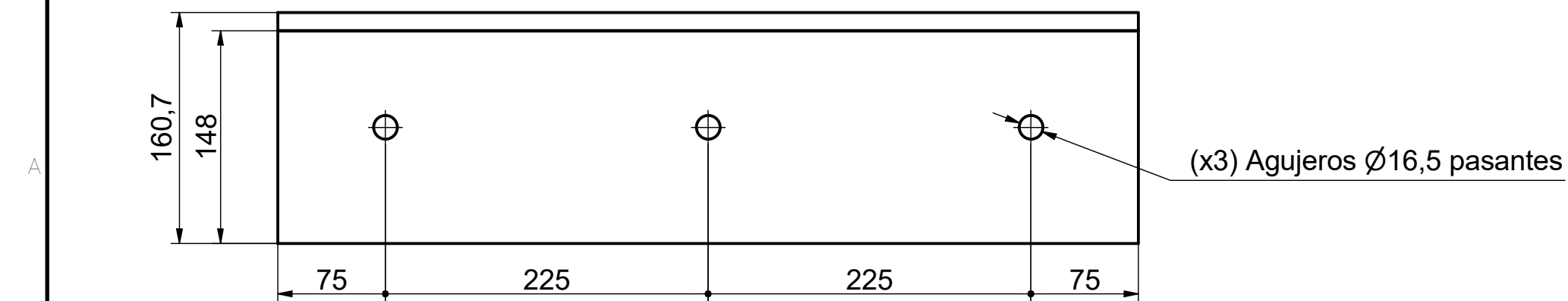
Hoja: 12

Ubicación Archivo:

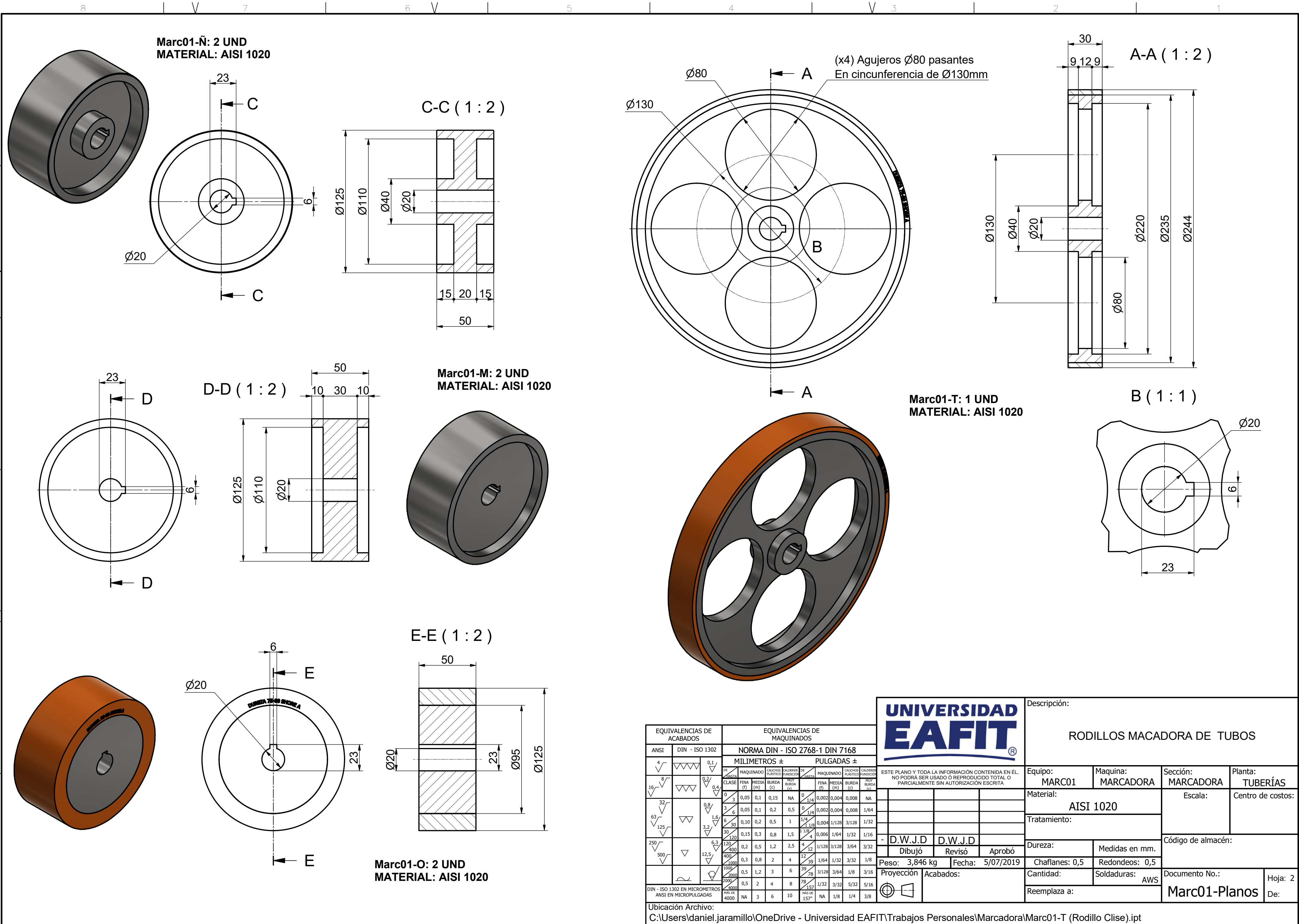
C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\Halador\Ensamble Halador.iam

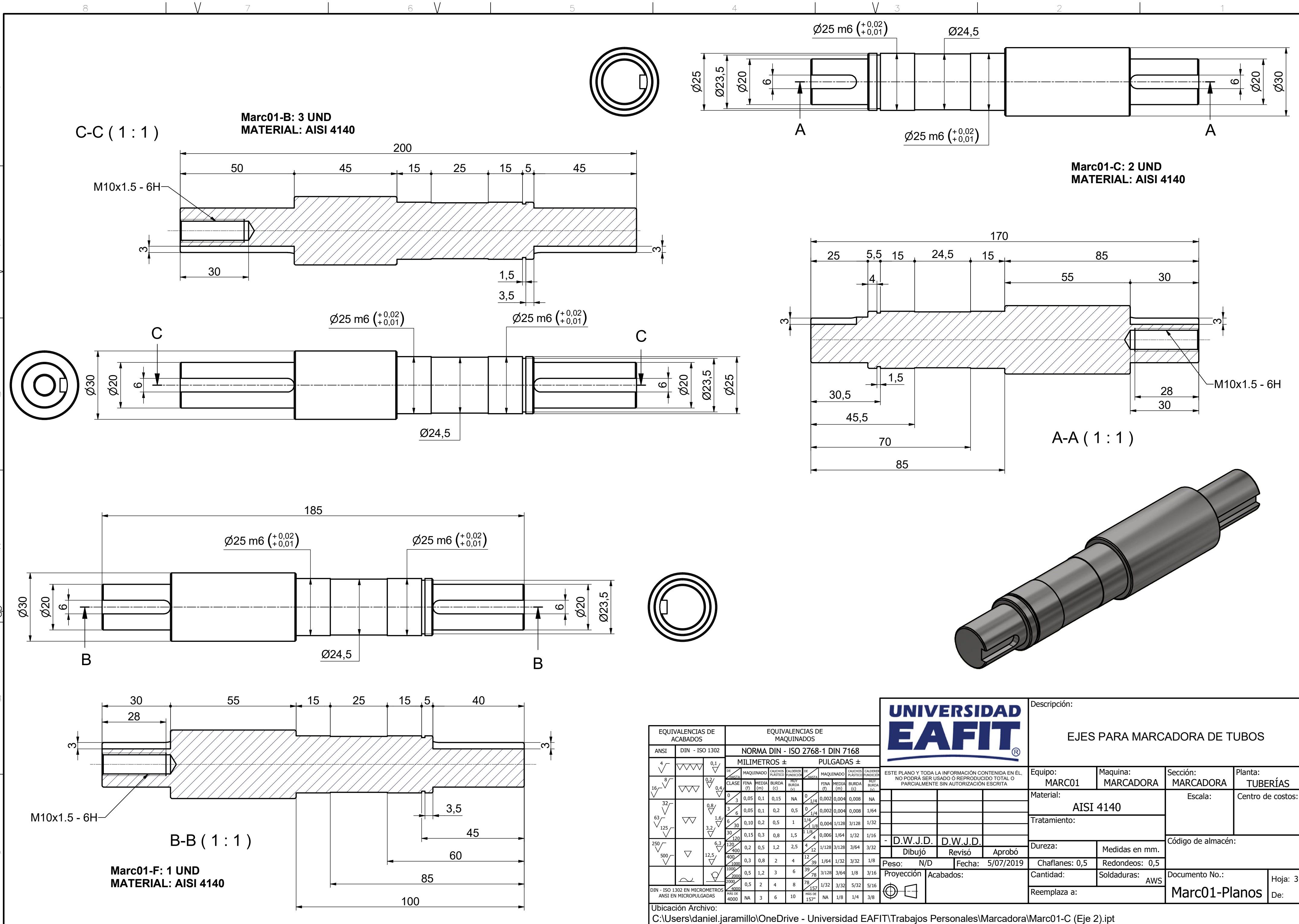
ANEXO F.
PLANOS PARA LA FABRICACIÓN DE LA MARCADORA.

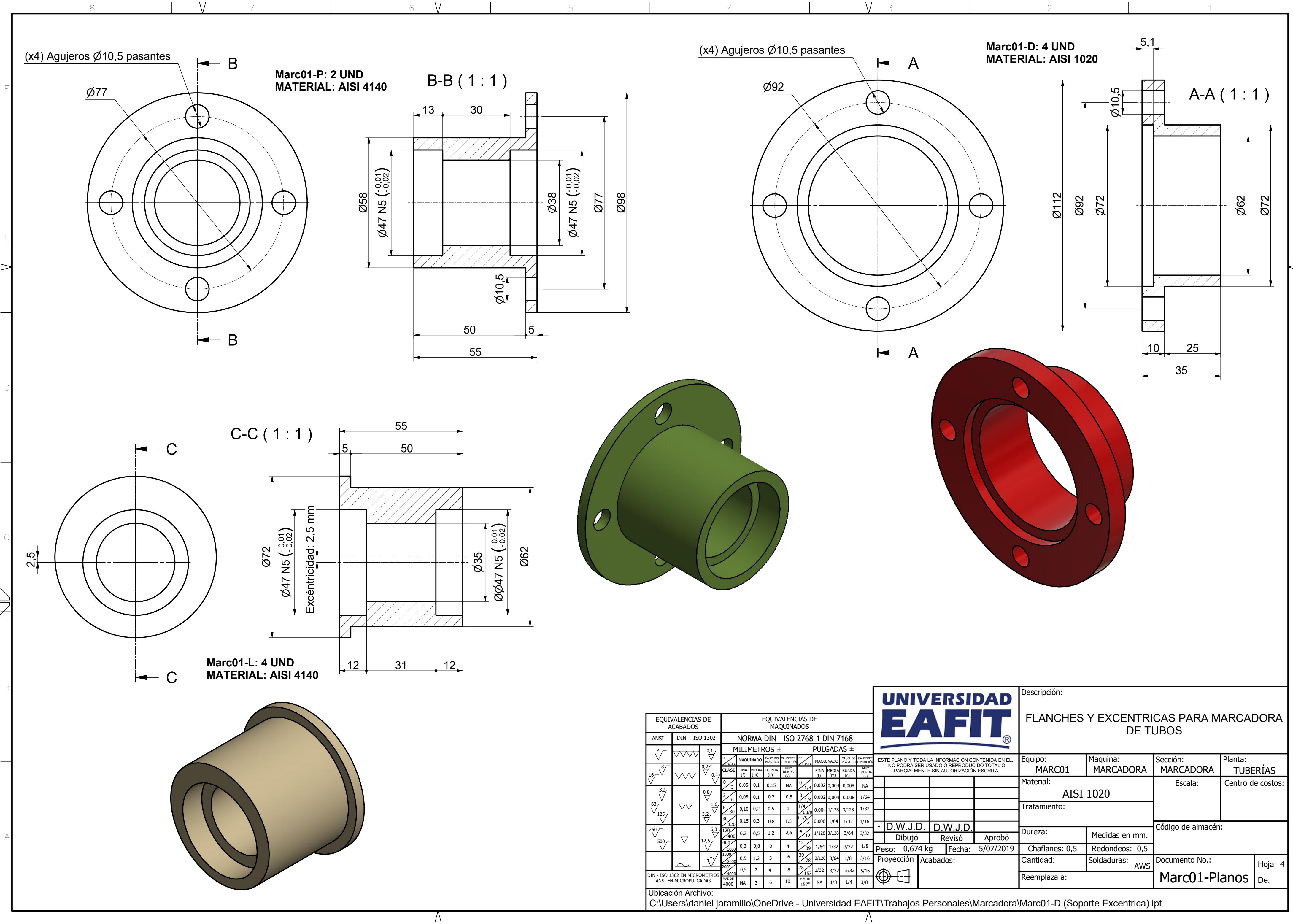




UNIVERSIDAD EAFIT®						Descripción:							
ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL. NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA						Equipo: MARC01		Maquina: MARCADORA		Sección: MARCADORA		Planta: TUBERÍAS	
						Material: AISI 1020		Escala:		Centro de costos:			
						Tratamiento:							
- D.W.J.D.						D.W.J.D.				Código de almacén:			
Dibujó						Revisó		Aprobó					
Peso: N/D				Fecha: 5/07/2019		Chaflanes: 0,5		Redondeos: 0,5					
Proyección				Acabados:		Cantidad:		Soldaduras: AWS		Documento No.:		Hoja: 1	
						Reemplaza a:				Marc01-Planos		De:	

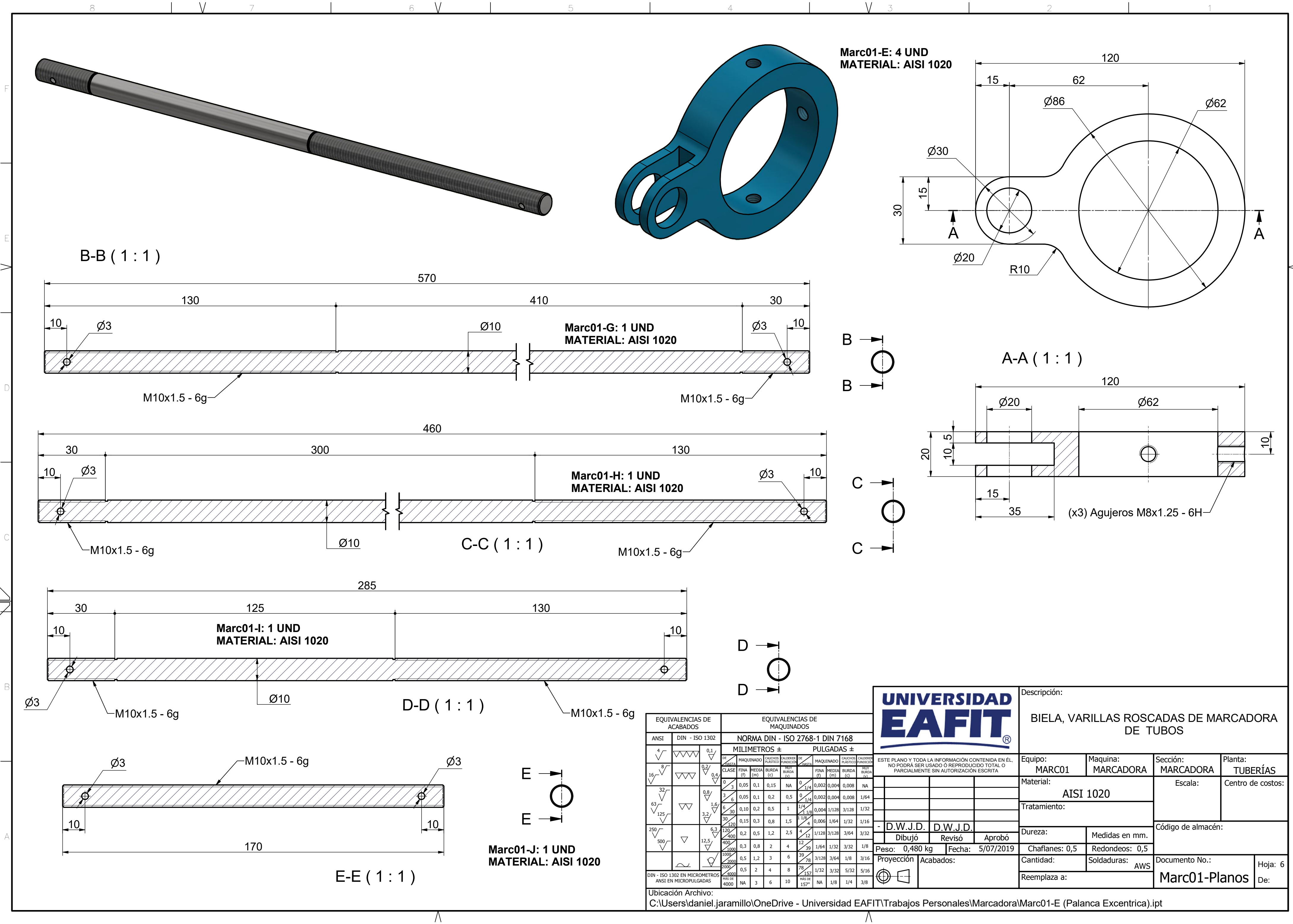






<div><div>UNIVERSIDAD EAFIT</div><div>ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL, NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA</div></div>	Descripción: FLANCHES Y EXCENTRICAS PARA MARCADORA DE TUBOS						
Equipo: MARC01		Maquina: MARCADORA	Sección: MARCADORA	Planta: TUBERÍAS			
Material: AISI 1020		Escala:		Centro de costos:			
Tratamiento:		Código de almacén:					
Dureza:		Medidas en mm.					
Cantidad:		Soldaduras:	Documento No.:				
Reemplaza a:		AWS	Marc01-Planos				
Peso: 0,674 kg		Fecha: 5/07/2019	Hoja: 4				
Acabados:		De:					
Ubicación Archivo: C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\Marcadora\Marc01-D (Soporte Excentrica).ipt							

Ubicación Archivo:
C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\Marcadora\Marc01-Q (Soporte A Varillas Ajuste).ipt



Marc01-E: 4 UND
MATERIAL: AISI 1020

B-B (1 : 1)

A-A (1 : 1)

C-C (1 : 1)

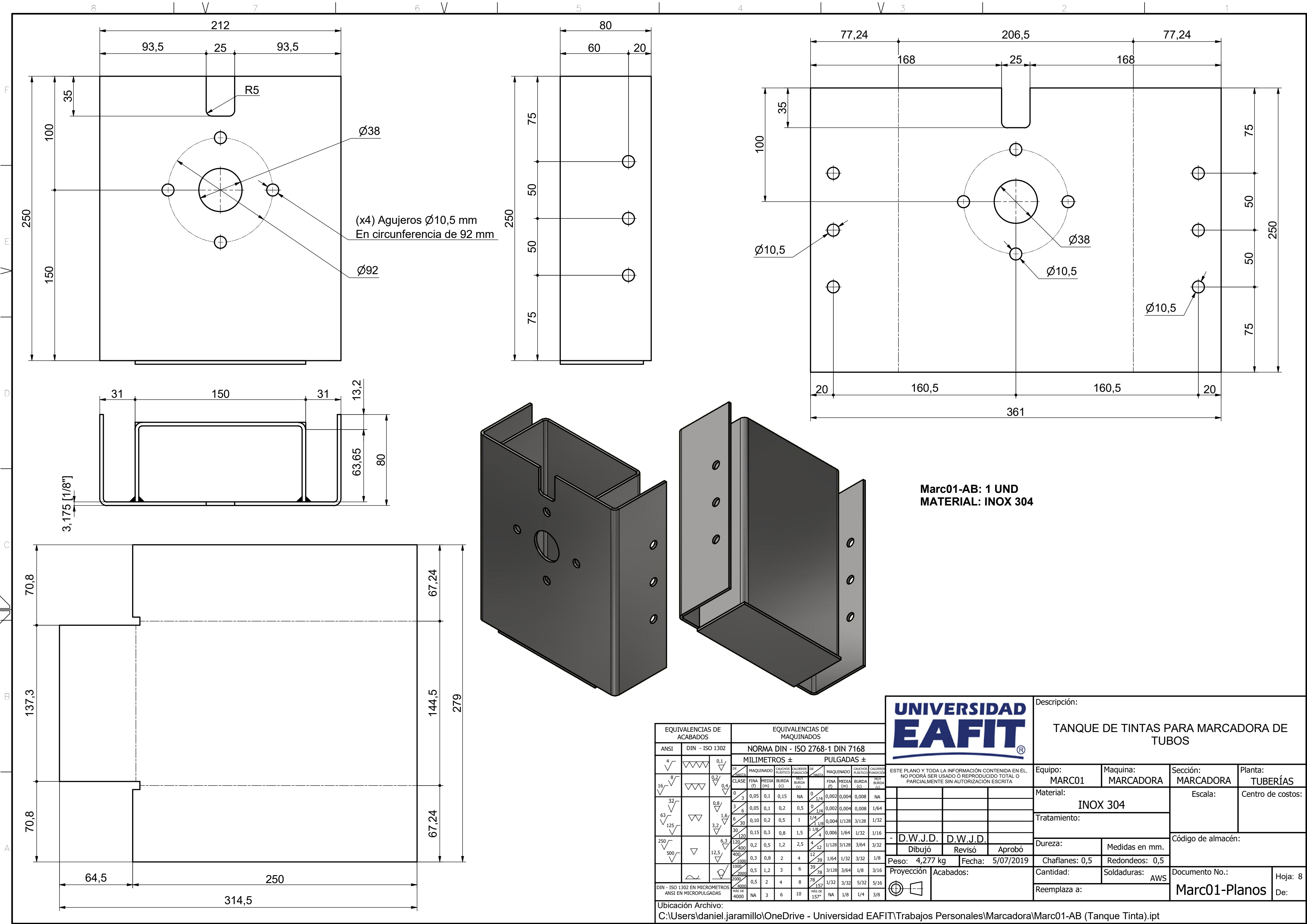
D-D (1 : 1)

E-E (1 : 1)

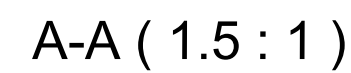
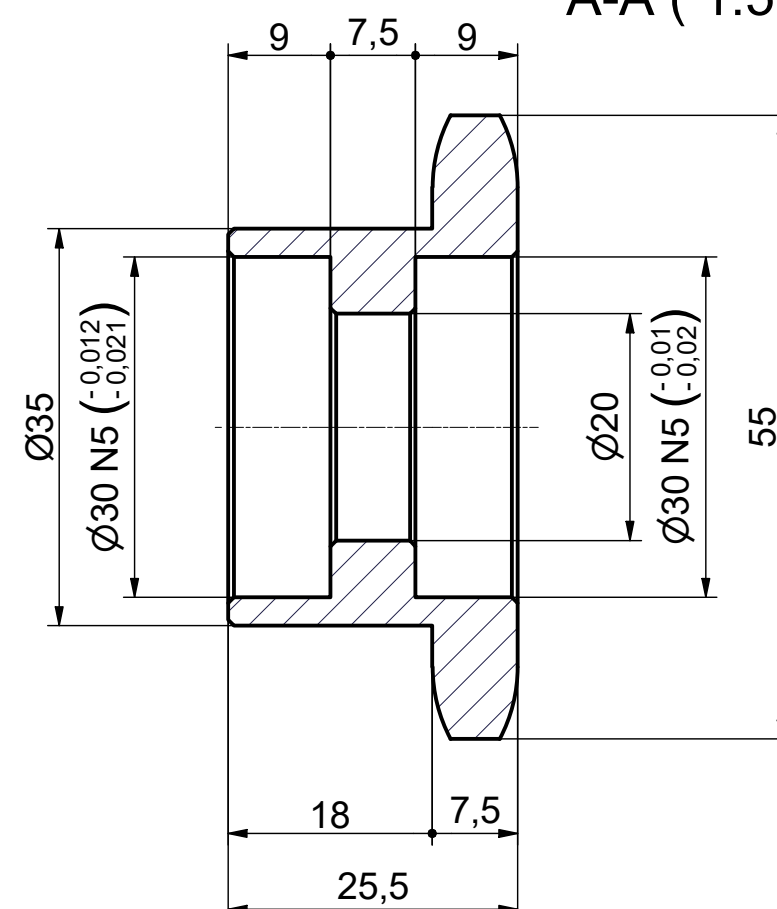
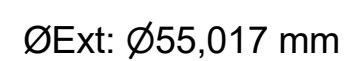
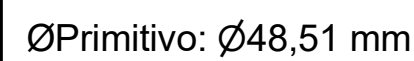
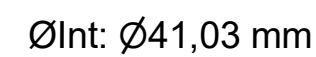
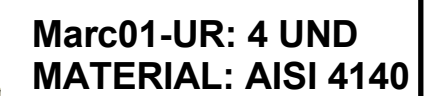
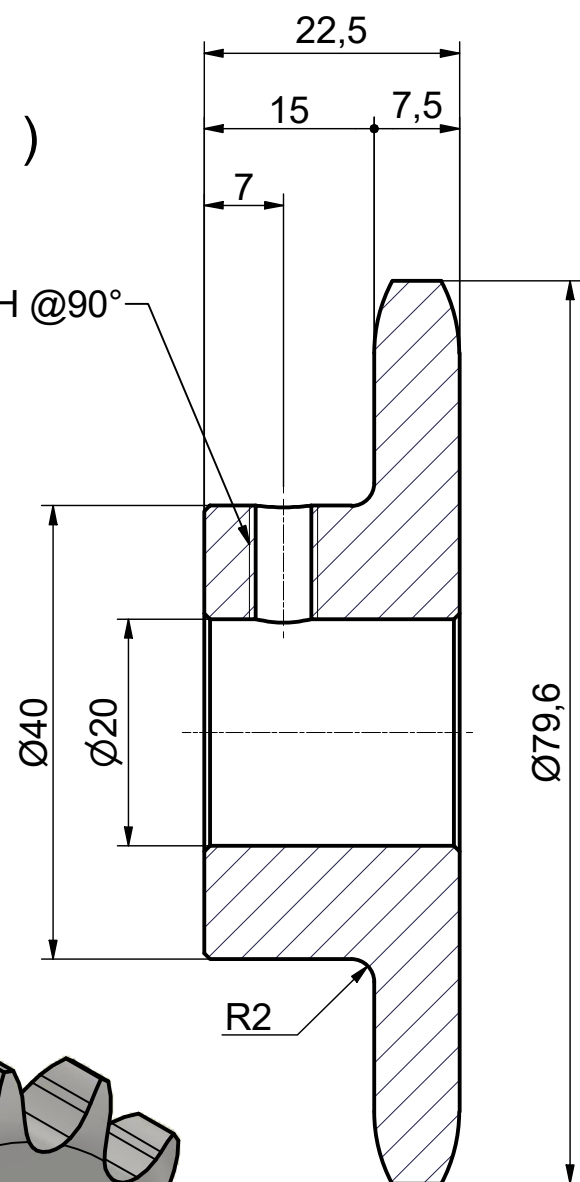
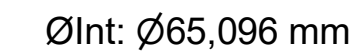
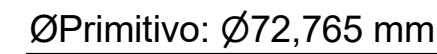
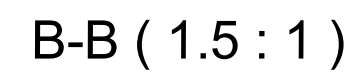
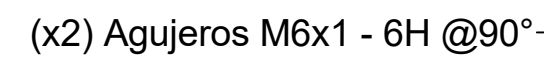
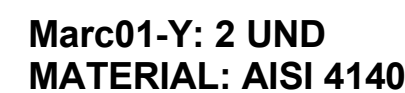


Descripción: BIELA, VARILLAS ROSCADAS DE MARCADORA DE TUBOS			
Equipo: MARC01	Maquina: MARCADORA	Sección: MARCADORA	Planta: TUBERÍAS
Material: AISI 1020		Escala:	Centro de costos:
Tratamiento:		Código de almacén:	
Dureza:		Medidas en mm.	
Cantidad:		Soldaduras:	Documenta No.:
Reemplaza a:		AWS	Marc01-Planos
			De:

EQUIVALENCIAS DE ACABADOS				EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS											
ANSI	DIN - ISO 1302			NORMA DIN - ISO 2768-1 DIN 7168											
				MILIMETROS ±					PULGADAS ±						
				DE MAQUINADO	CAUCHOS PLASTICO	CAUCHOS PLASTICO	CAUCHOS PLASTICO	DE MAQUINADO	CAUCHOS PLASTICO	CAUCHOS PLASTICO	CAUCHOS PLASTICO	DE MAQUINADO			
				CLASE	FINA (f)	MEDIA (m)	BURDA (b)	CLASE	FINA (f)	MEDIA (m)	BURDA (b)	CLASE			
4			0,1												
16			0,2												
32			0,4												
63			0,8												
125			1,6												
250			3,2												
500			6,3												
			12,5												
			25												
			50												
DIN - ISO 1302 EN MICROMETROS															
ANSI EN MICROPULGADAS															
				0	3	0,05	0,1	0,15	NA	0	1/4	0,002	0,004	0,008	NA
				3	6	0,05	0,1	0,2	0,5	0	1/8	0,002	0,004	0,008	1/64
				6	30	0,10	0,2	0,5	1	1/4	1/8	0,004	1/128	3/128	1/32
				30	120	0,15	0,3	0,8	1,5	3/8	1/4	0,006	1/64	1/32	1/16
				120	400	0,2	0,5	1,2	2,5	4	12	1/128	3/128	3/64	3/32
				400	1000	0,3	0,8	2	4	12	39	1/64	1/32	3/32	1/16
				1000	2000	0,5	1,2	3	6	39	78	3/128	3/64	1/8	1/32
				2000	4000	0,5	2	4	8	78	157	1/32	3/32	5/32	1/8
				4000	NA	NA	3	6	10	NA	157	NA	1/8	1/4	3/8



EQUIVALENCIAS DE ACABADOS		EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS									
ANSI	DIN - ISO 1302	NORMA DIN - ISO 2768-1 DIN 7168									
		MILIMETROS ±					PULGADAS ±				
		DE CLASE	MAQUINADO	CAUCHOS PLÁSTICO	CAUDERER FUNDICIÓN	DE CLASE	MAQUINADO	CAUCHOS PLÁSTICO	CAUDERER FUNDICIÓN	DE CLASE	MAQUINADO
		FINA (f)	MEDIA (M)	BURDA (B)	NA	FINA (F)	MEDIA (M)	BURDA (B)	NA	FINA (F)	MEDIA (M)
4		0,1	0,2	0,4	0,8	0,002	0,004	0,008	0,016	0,002	0,004
16		0,2	0,4	0,8	1,6	0,004	0,008	0,016	0,032	0,004	0,008
32		0,4	0,8	1,6	3,2	0,008	0,016	0,032	0,064	0,008	0,016
63		0,8	1,6	3,2	6,3	0,016	0,032	0,064	0,128	0,016	0,032
125		1,6	3,2	6,3	12,5	0,032	0,064	0,128	0,256	0,032	0,064
250		3,2	6,3	12,5	25,0	0,064	0,128	0,256	0,512	0,064	0,128
500		6,3	12,5	25,0	50,0	0,128	0,256	0,512	1,024	0,128	0,256
1000		12,5	25,0	50,0	100,0	0,256	0,512	1,024	2,048	0,256	0,512
2000		25,0	50,0	100,0	200,0	0,512	1,024	2,048	4,096	0,512	1,024
4000		50,0	100,0	200,0	400,0	1,024	2,048	4,096	8,192	1,024	2,048
8000		100,0	200,0	400,0	800,0	2,048	4,096	8,192	16,384	2,048	4,096
16000		200,0	400,0	800,0	1600,0	4,096	8,192	16,384	32,768	4,096	8,192
32000		400,0	800,0	1600,0	3200,0	8,192	16,384	32,768	65,536	8,192	16,384
64000		800,0	1600,0	3200,0	6400,0	16,384	32,768	65,536	131,072	16,384	32,768
128000		1600,0	3200,0	6400,0	12800,0	32,768	65,536	131,072	262,144	32,768	65,536
256000		3200,0	6400,0	12800,0	25600,0	65,536	131,072	262,144	524,288	65,536	131,072
512000		6400,0	12800,0	25600,0	51200,0	131,072	262,144	524,288	1048,576	131,072	262,144
1024000		12800,0	25600,0	51200,0	102400,0	262,144	524,288	1048,576	2097,152	262,144	524,288
2048000		25600,0	51200,0	102400,0	204800,0	524,288	1048,576	2097,152	4194,304	524,288	1048,576
4096000		51200,0	102400,0	204800,0	409600,0	1048,576	2097,152	4194,304	8388,608	1048,576	2097,152
8192000		102400,0	204800,0	409600,0	819200,0	2097,152	4194,304	8388,608	16777,216	2097,152	4194,304
16384000		204800,0	409600,0	819200,0	1638400,0	4194,304	8388,608	16777,216	33554,432	4194,304	8388,608
32768000		409600,0	819200,0	1638400,0	3276800,0	8388,608	16777,216	33554,432	67108,864	8388,608	16777,216
65536000		819200,0	1638400,0	3276800,0	6553600,0	16777,216	33554,432	67108,864	134217,728	16777,216	33554,432
131072000		1638400,0	3276800,0	6553600,0	13107200,0	33554,432	67108,864	134217,728	268435,456	33554,432	67108,864
262144000		3276800,0	6553600,0	13107200,0	26214400,0	67108,864	134217,728	268435,456	536870,912	67108,864	134217,728
524288000		6553600,0	13107200,0	26214400,0	52428800,0	134217,728	268435,456	536870,912	1073741,824	134217,728	268435,456
1048576000		13107200,0	26214400,0	52428800,0	104857600,0	268435,456	536870,912	1073741,824	2147483,648	268435,456	536870,912
2097152000		26214400,0	52428800,0	104857600,0	209715200,0	536870,912	1073741,824	2147483,648	4294967,296	536870,912	1073741,824
4194304000		52428800,0	104857600,0	209715200,0	419430400,0	1073741,824	2147483,648	4294967,296	8589834,592	1073741,824	2147483,648
8388608000		104857600,0	209715200,0	419430400,0	838860800,0	2147483,648	4294967,296	8589834,592	17179669,184	2147483,648	4294967,296
16777216000		209715200,0	419430400,0	838860800,0	1677721600,0	4294967,296	8589834,592	17179669,184	34359338,368	4294967,296	8589834,592
33554432000		419430400,0	838860800,0	1677721600,0	3355443200,0	8589834,592	17179669,184	34359338,368	68718676,736	8589834,592	17179669,184
67108864000		838860800,0	1677721600,0	3355443200,0	6710886400,0	17179669,184	34359338,368	68718676,736	137437353,472	17179669,184	34359338,368
134217728000		1677721600,0	3355443200,0	6710886400,0	13421772800,0	34359338,368	68718676,736	137437353,472	274874706,944	34359338,368	68718676,736
268435456000		3355443200,0	6710886400,0	13421772800,0	26843545600,0	68718676,736	137437353,472	274874706,944	549749413,888	68718676,736	137437353,472
536870912000		6710886400,0	13421772800,0	26843545600,0	53687091200,0	137437353,472	274874706,944	549749413,888	1099498827,776	137437353,472	274874706,944
1073741824000		13421772800,0	26843545600,0	53687091200,0	107374182400,0	274874706,944	549749413,888	1099498827,776	2198997655,552	274874706,944	549749413,888
2147483648000		26843545600,0	53687091200,0	107374182400,0	214748364800,0	549749413,888	1099498827,776	2198997655,552	4397997311,104	549749413,888	1099498827,776
4294967296000		53687091200,0	107374182400,0	214748364800,0	429496729600,0	1099498827,776	2198997655,552	4397997311,104	8795994622,208	1099498827,776	2198997655,552
8589934592000		107374182400,0	214748364800,0	429496729600,0	858993459200,0	2198997655,552	4397997311,104	8795994622,208	17591989244,416	2198997655,552	4397997311,104
17179879184000		214748364800,0	429496729600,0	858993459200,0	1717987918400,0	4397997311,104	8795994622,208	17591989244,416	35183958488,832	4397997311,104	8795994622,208
34359758368000		429496729600,0	858993459200,0	1717987918400,0	3435975836800,0	8795994622,208	17591989244,416	35183958488,832	70377916977,664	8795994622,208	17591989244,416
68719516736000		858993459200,0	1717987918400,0	3435975836800,0	6871951673600,0	17591989244,416	35183958488,832	70377916977,664	140757833955,328	17591989244,416	35183958488,832
137439033472000		1717987918400,0	3435975836800,0	6871951673600,0	13743903347200,0	35183958488,832	70377916977,664	140757833955,328	281477667910,656	35183958488,832	70377916977,664
274878066944000		3435975836800,0	6871951673600,0	13743903347200,0	27487806694400,0	70377916977,664	140757833955,328	281477667910,656	563756139821,312	70377916977,664	140757833955,328
549756133888000		6871951673600,0	13743903347200,0	27487806694400,0	54975613388800,0	140757833955,328	281477667910,656	563756139821,312	1127512279642,624	140757833955,328	281477667910,656
1099512267776000		13743903347200,0	27487806694400,0	54975613388800,0	109951226777600,0	281477667910,656	563756139821,312	1127512279642,624	2255024559285,248	281477667910,656	563756139821,312
2199024535552000		27487806694400,0	54975613388800,0	109951226777600,0	219902453555200,0	563756139821,312	1127512279642,624	2255024559285,248	4510049078570,496	563756139821,312	1127512279642,624
4398049071104000		54975613388800,0	109951226777600,0	219902453555200,0	439804907110400,0	1127512279642,624	2255024559285,248	4510049078570,496	9020098157140,992	1127512279642,624	2255024559285,248
8796098142208000		109951226777600,0	219902453555200,0	439804907110400,0	879609814220800,0	2255024559285,248	4510049078570,496	9020098157140,992	18040196294281,984	2255024559285,248	4510049078570,496
17592196284416000		219902453555200,0	439804907110400,0	879609814220800,0	1759219628441600,0	4510049078570,496	9020098157140,992	18040196294281,984	36080392588563,968	4510049078570,496	9020098157140,992
35184392568832000		439804907110400,0	879609814220800,0	1759219628441600,0	3518439256883200,0	9020098157140,992	18040196294281,984	36080392588563,968	72360785177127,936	9020098157140,992	18040196294281,984
70368785137664000		879609814220800,0	1759219628441600,0	3518439256883200,0	7036878513766400,0	18040196294281,984	36080392588563,968	72360785177127,936	144723570354255,872	18040196294281,984	36080392588563,968
140737570275328000		1759219628441600,0	3518439256883200,0	7036878513766400,0	14073757027532800,0	36080392588563,968	72360785177127,936	144723570354255,872	289447140708511,744	36080392588563,968	72360785177127,936
281475140550656000		3518439256883200,0	7036878513766400,0	14073757027532800,0	28147514055065600,0	72360785177127,936	144723570354255,872	289447140708511,744	563756139821,312	72360785177127,936	144723570354255,872
562950281101312000		7036878513766400,0	14073757027532800,0	28147514055065600,0	56295028110131200,0	144723570354255,872	289447140708511,744	563756139821,312	1127512279642,624	144723570354255,872	289447140708511,744
1125900562202624000		14073757027532800,0	28147514055065600,0	56295028110131200,0	112590056220262400,0	289447140708511,744	563756139821,312	1127512279642,624	2255024559285,248	289447140708511,744	563756139821,312
2251801124405248000		28147514055065600,0	56295028110131200,0	112590056220262400,0	225180112440524800,0	563756139821,312	1127512279642,624	2255024559285,248	4510049078570,496	563756139821,312	1127512279642,624
4398049071104000		56295028110131200,0	112590056220262400,0</								



EQUIVALENCIAS DE ACABADOS			EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS									
ANSI	DIN - ISO 1302		NORMA DIN - ISO 2768-1 DIN 7168									
			MILIMETROS ±					PULGADAS ±				
			DE CLASE	MAQUINADO FINA (F) MEDIA (M) GRUESA (G)	CHACOS FLUJOS PLÁSTICO	ALDERES PUNCELOS "BUEY" (BURDA) (V)	DE CLASE	MAQUINADO FINA (F) MEDIA (M) GRUESA (G)	CHACOS FLUJOS PLÁSTICO	ALDERES PUNCELOS "BUEY" (BURDA) (V)		
4		0,1	0	0,05	0,1	0,15	NA	0	1/4	0,002	0,004	0,008
8		0,2	0	0,05	0,1	0,2	0,5	0	1/4	0,002	0,004	0,008
16		0,4	0	0,10	0,2	0,5	1	1/4	1/8	0,004	1/128	3/128
32		0,8	0	0,15	0,3	0,8	1,5	1	1/8	0,006	1/64	1/32
63		1,6	0	0,2	0,5	1,2	2,5	4	12	1/128	3/128	3/64
125		3,2	0	0,3	0,8	2	4	12	39	1/64	1/32	3/32
250		6,3	0	0,5	1,2	2,5	4	12	39	3/128	3/64	5/32
500		12,5	0	0,8	2	4	6	12	39	1/32	3/32	1/8
			0	1,2	3	6	10	18	78	1/16	3/16	1/4
			0	2	4	8	15	24	78	1/8	3/8	1/2
			0	4	8	15	24	48	157	3/16	1/4	5/16
DIN - ISO 1302 EN MICROMETROS ANSI EN MICROPULGADAS			NA 3 NA 6 10 NA 157 NA 1/8 1/4									

UNIVERSIDAD
EAFIT

Descripción:	
--------------	--

PIÑONES CADENA PARA TRANSMISIÓN
MARCADORA DE TUBOS

Equipo:	MARC01
---------	--------

Maquina:	MARCADORA
----------	-----------

Sección:	MARCADORA
----------	-----------

Planta:
TUBERÍAS

	Material:
--	-----------

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Escala:	Centro de costos:
---------	-------------------

	Tratamiento:
--	--------------

into:

Duroza:

--	--

	Durezza:
--	----------

	Medidas en mm.
--	----------------

9	Chafanes:
---	-----------

Redondeos: 0,5	Redondeos: 0,5
----------------	----------------

Cantidad:	
-----------	--

l:	Soldaduras:	AWS
----	-------------	-----

Reemplaza a	
-------------	--

za a:

Código de almacén:

Documento No.:

Marc01-Planos

Hoja: 9

De:

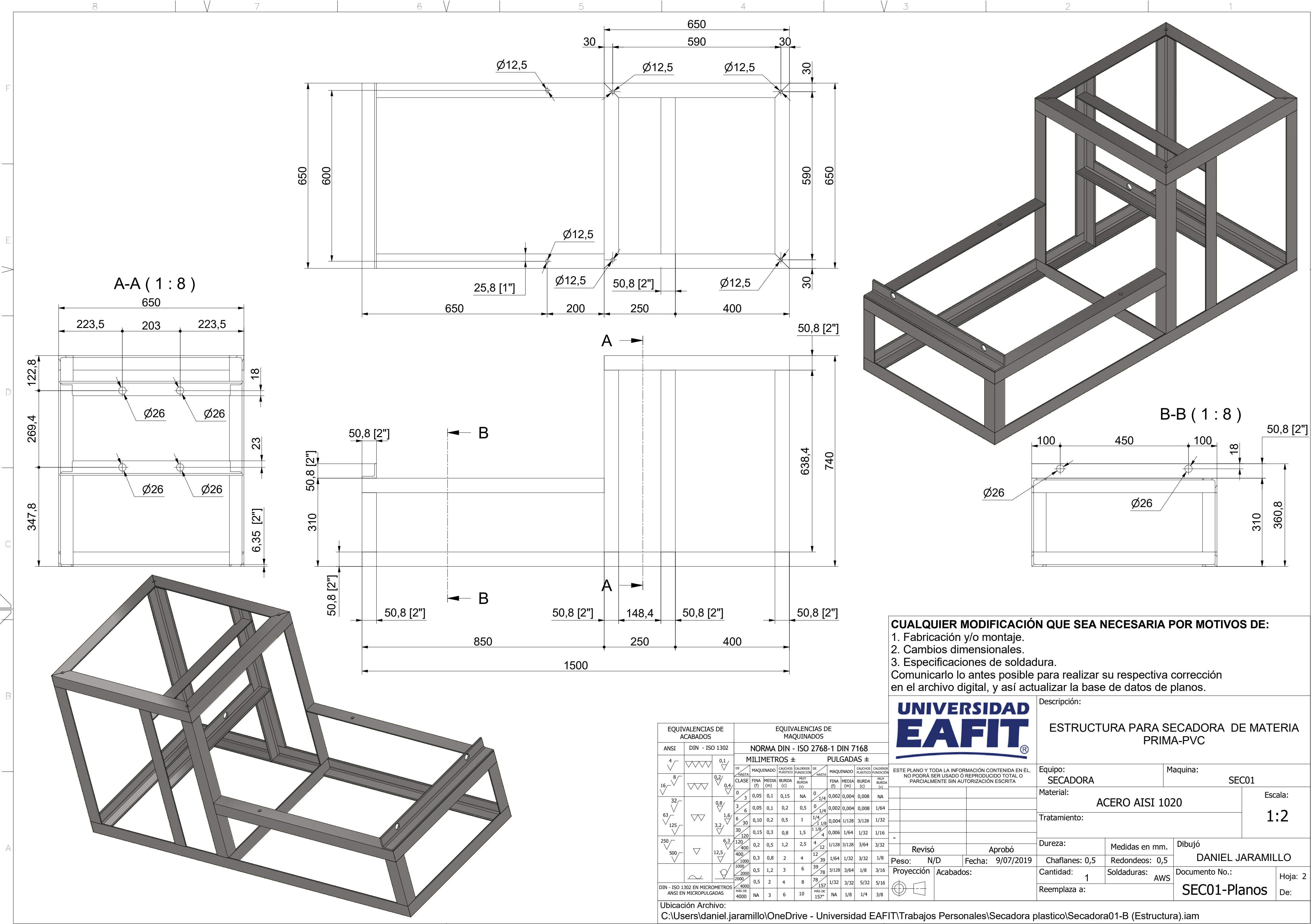
Ubicación Archivo:

C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\Marcadora\Marc01-Y (Piñon z12 Tensor).ipt

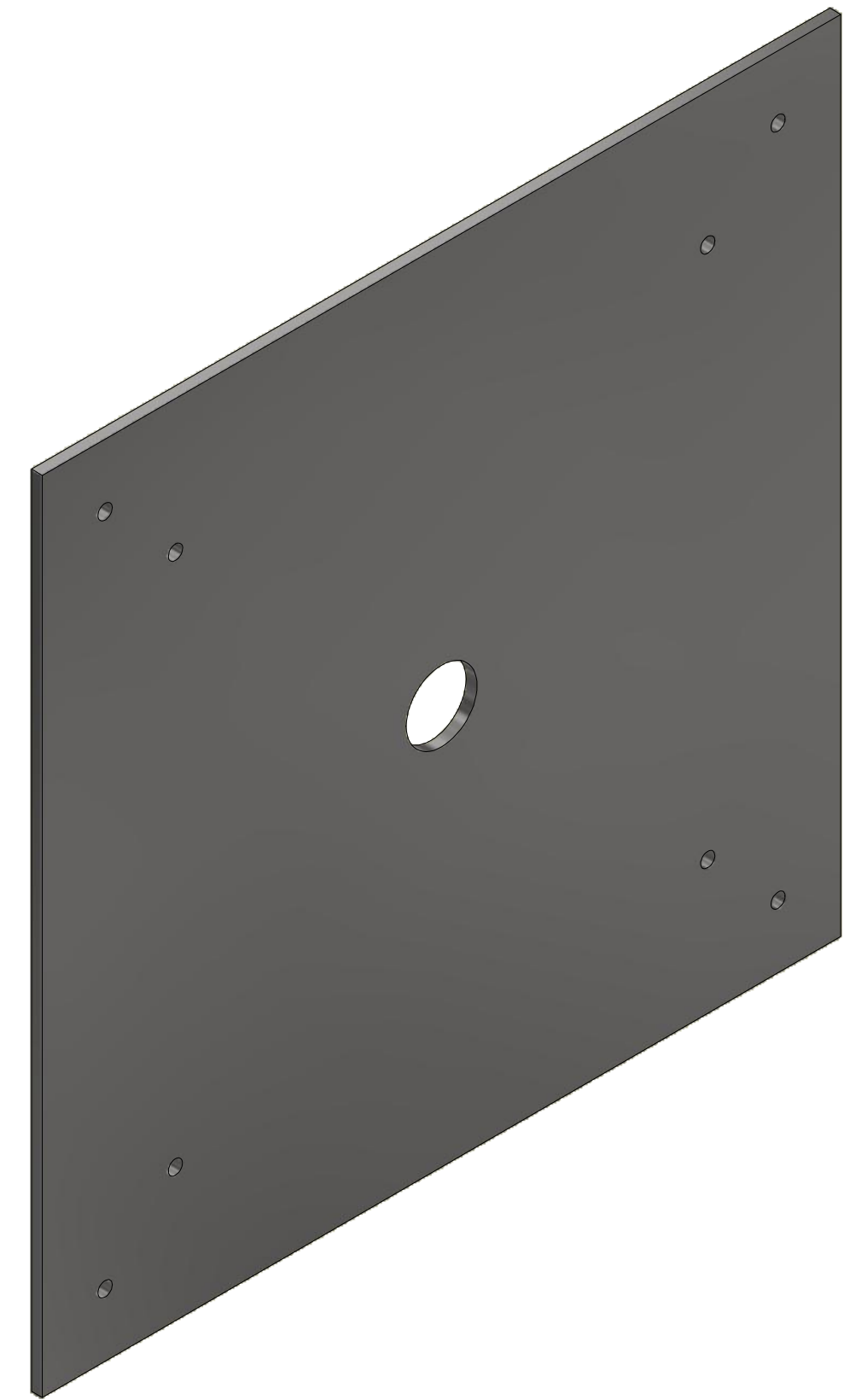
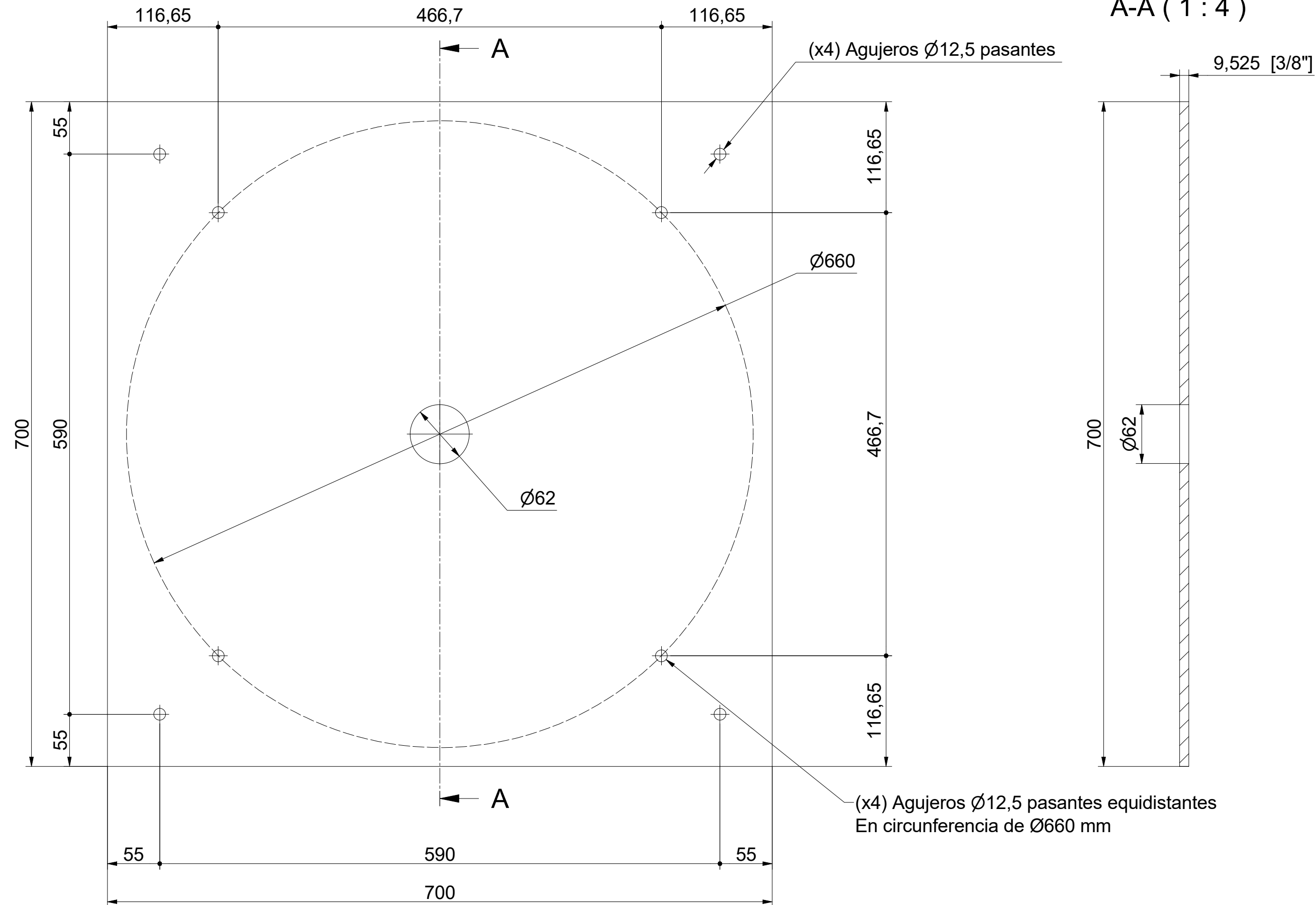
ANEXO G

PLANOS PARA LA FABRICACIÓN DE SECADORA DE PLÁSTICO.

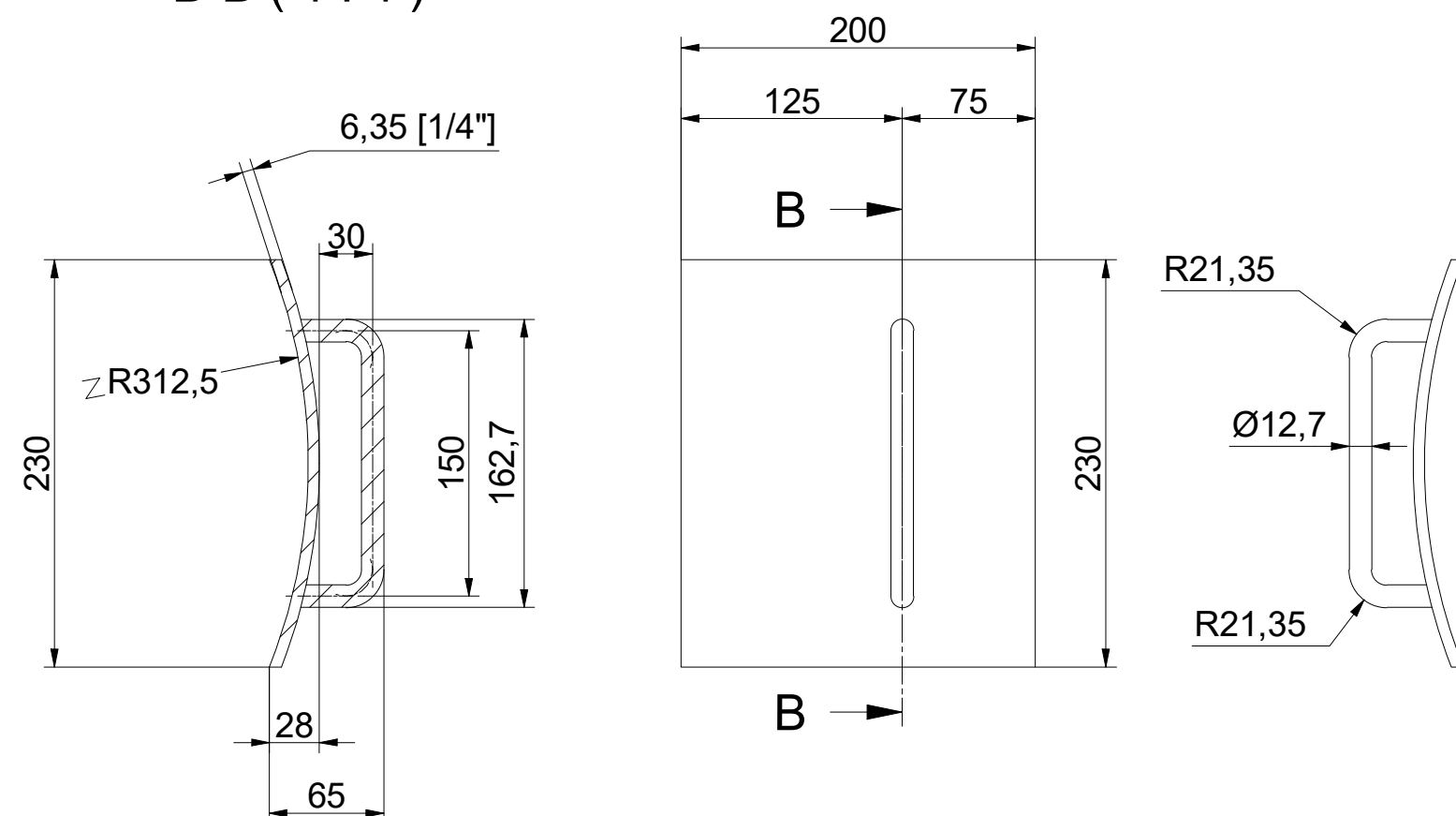




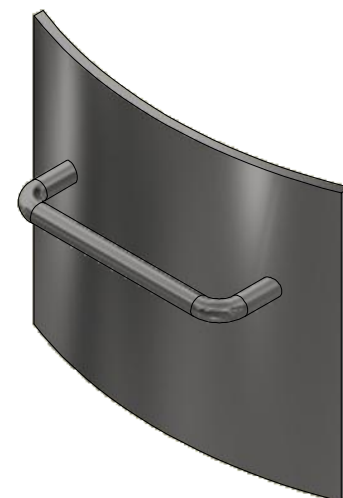
SEC01-C (Platina Base Tambor)
MATERIAL: AISI 1020
CANT: 1 UND



B-B (1 : 4)


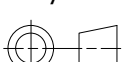


SEC01-I (Puerta Tambor)
MATERIAL: AISI 1020
CANT: 1 UND

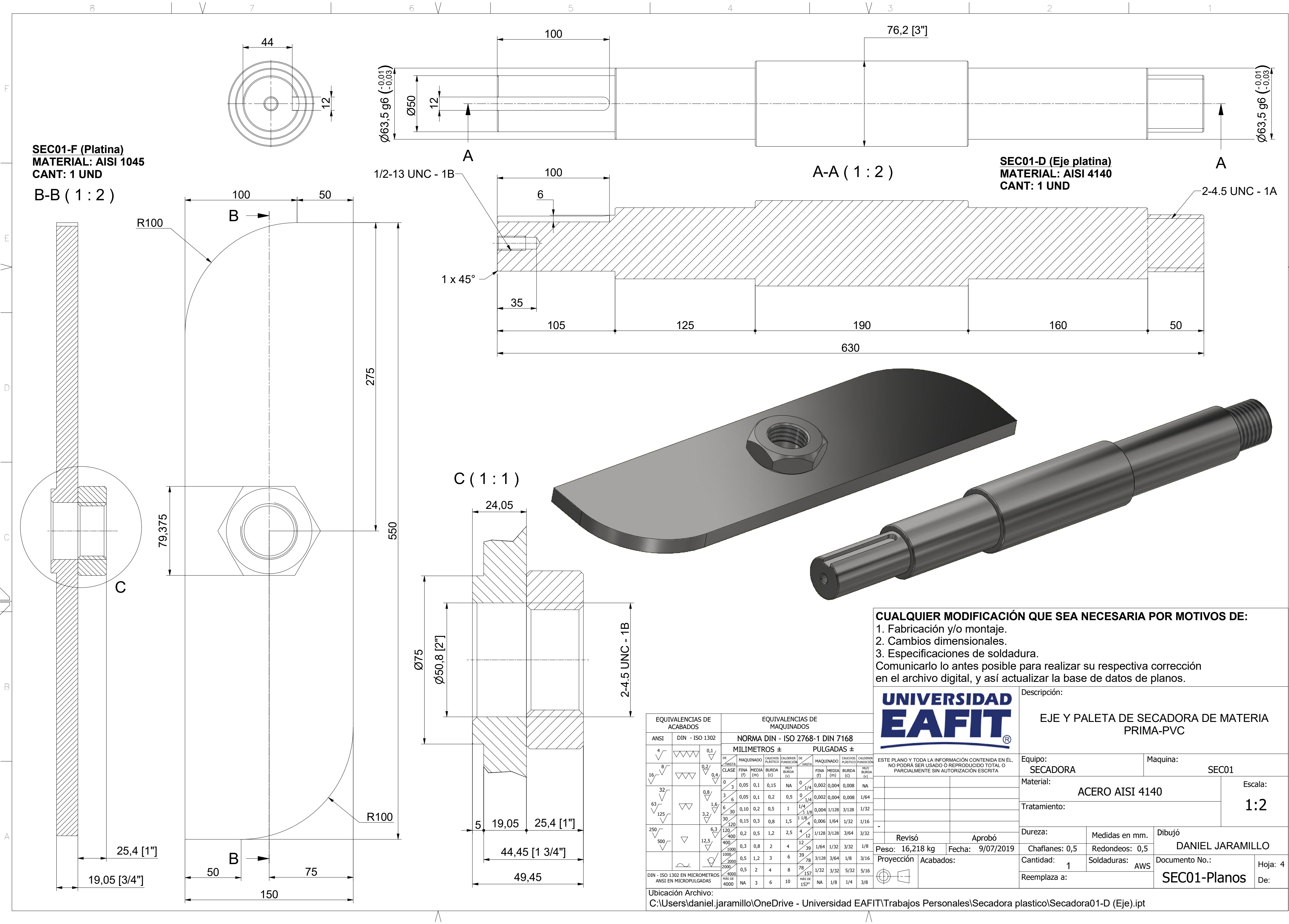


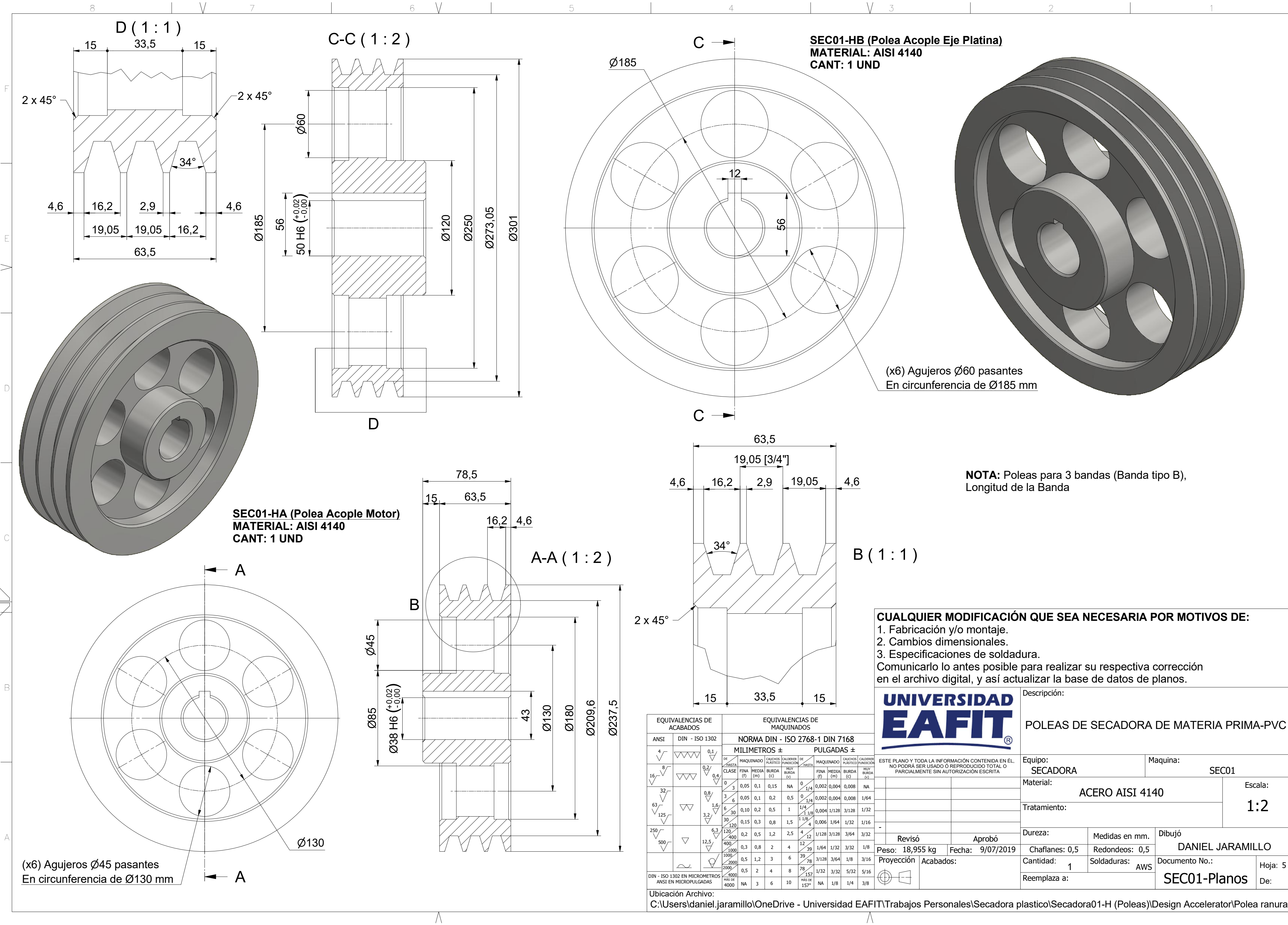
EQUIVALENCIAS DE ACABADOS			EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS											
ANSI	DIN - ISO 1302		NORMA DIN - ISO 2768-1 DIN 7168											
			MILIMETROS ±						PULGADAS ±					
			DE CLASE	MAQUINADO FINA (F)	MAQUINADO MEDIA (M)	CAUCHOS PLASTICO BURDA (C)	CAUCHOS PLASTICO BURDA (C)	CAUCHOS PLASTICO BURDA (C)	DE CLASE	MAQUINADO FINA (F)	MAQUINADO MEDIA (M)	CAUCHOS PLASTICO BURDA (C)	CAUCHOS PLASTICO BURDA (C)	
4		0,1	0	0,05	0,1	0,15	NA	0	1/4	0,002	0,004	0,008	1	
8		0,2	3	0,05	0,1	0,2	0,5	0	1/4	0,002	0,004	0,008	1	
16		0,4	6	0,10	0,2	0,5	1	1/4	1/8	0,004	0,008	0,016	1	
32		0,8	30	0,15	0,3	0,8	1,5	1	4	0,006	1/64	1/32	1	
63		1,6	120	0,2	0,5	1,2	2,5	4	12	1/128	3/128	3/64	3	
125		3,2	400	0,3	0,8	2	4	12	39	1/64	1/32	3/32	1	
250		6,3	1000	0,5	1,2	3	6	39	78	3/128	3/64	1/8	3	
500		12,5	2000	0,5	2	4	8	78	157	1/32	3/32	5/32	5	
			4000	NA	3	6	10	NA	157	NA	1/8	1/4	1	
DIN - ISO 1302 en MICROMETROS ANSI en MICROPULGADAS														

<p>CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fabricación y/o montaje. 2. Cambios dimensionales. 3. Especificaciones de soldadura. <p>Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.</p>

			Descripción: PLATINA BASE DE TAMBOR PARA SECADORA DE MATERIA PRIMA-PVC		
ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN EL NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA			Equipo: SECADORA		Maquina: SEC01
			Material: ASI 1020		Escala: 1:6
			Tratamiento:		
			Dureza:	Medidas en mm.	Dibujó DANIEL JARAMILLO
Revisó Peso: 36,339 kg			Aprobó Fecha: 9/07/2019	Chaflanes: 0,5	
Proyección			Acabados:		Documento No.: SEC01-Planos
			Cantidad: 1	Soldaduras: AWS	
			Reemplaza a:		Hoja: 3 De:

Ubicación Archivo:
C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\Secadora plastico\Secadora01-C.ipt





SEC01-HA (Polea Acople Motor)
MATERIAL: AISI 4140
CANT: 1 UND

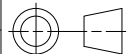
SEC01-HB (Polea Acople Eje Platina)
MATERIAL: AISI 4140
CANT: 1 UND

NOTA: Poleas para 3 bandas (Banda tipo B),
Longitud de la Banda

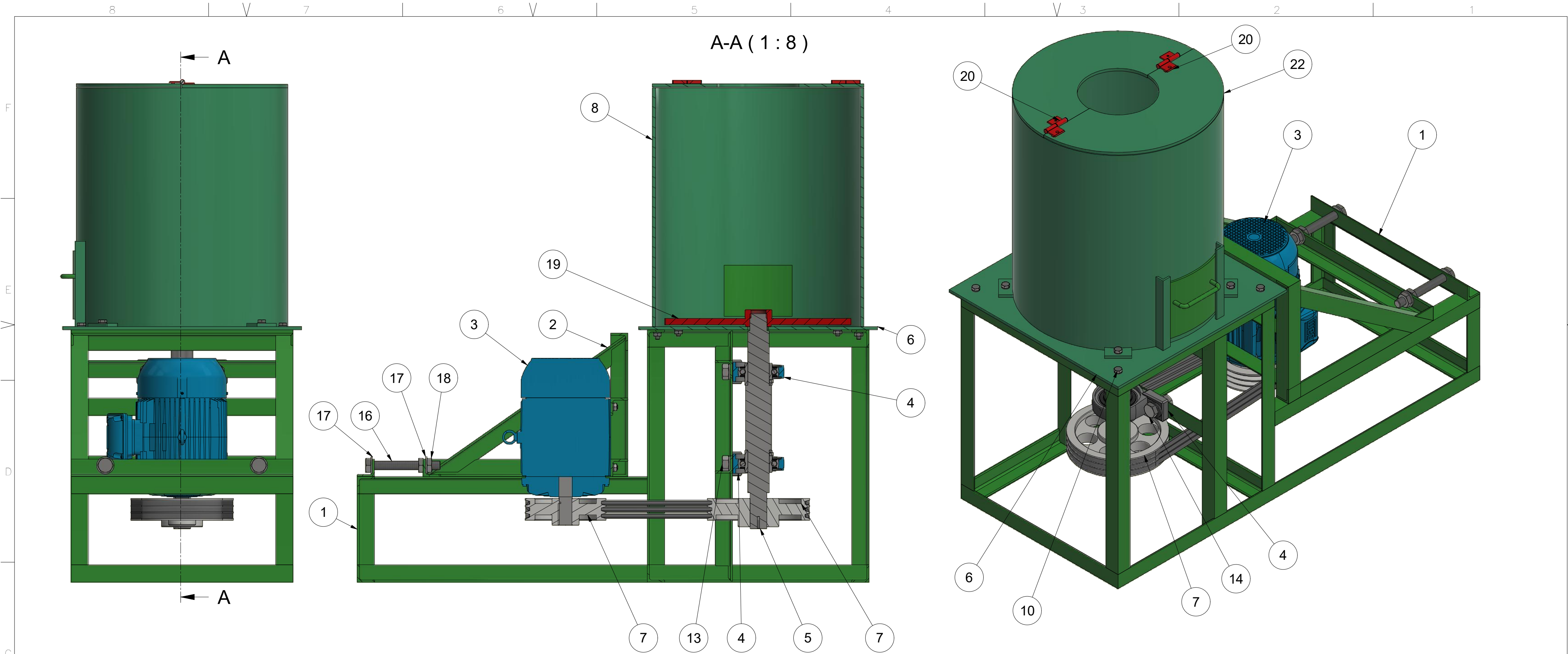
CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:
1. Fabricación y/o montaje.
2. Cambios dimensionales.
3. Especificaciones de soldadura.
Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección
en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.



EQUIVALENCIAS DE ACABADOS		EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS									
ANSI	DIN - ISO 1302	NORMA DIN - ISO 2768-1 DIN 7168									
		MILIMETROS ±					PULGADAS ±				
		CLASE	FINA (f)	MEDIA (m)	BURDA (G)	DE CAUCHOS PLÁSTICO PUNFICION	CLASE	FINA (f)	MEDIA (m)	BURDA (G)	DE CAUCHOS PLÁSTICO PUNFICION
4		0,1					0,002	0,004	0,008	NA	
8		0,2					0,002	0,004	0,008	NA	
16		0,4					0,002	0,004	0,008	NA	
32		0,8					0,002	0,004	0,008	1/64	
63		1,6					0,002	0,004	0,008	1/32	
125		3,2					0,002	0,004	0,008	1/16	
250		6,3					0,002	0,004	0,008	3/32	
500		12,5					0,002	0,004	0,008	1/8	
1000		25					0,002	0,004	0,008	3/16	
2000		50					0,002	0,004	0,008	1/4	
4000		100					0,002	0,004	0,008	3/8	
DIN - ISO 1302 EN MICROMETROS											
ANSI EN MICROPULGADAS											
MAZ DE 4000		NA	3	6	10	MAZ DE 157"	NA	1/8	1/4	3/8	

ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL, NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA			Equipo: SECADORA		Maquina: SEC01		
			Material: ACERO AISI 4140			Escala: 1:2	
			Tratamiento:				
-			Dureza:		Medidas en mm.	Dibujó DANIEL JARAMILLO	
Revisó		Aprobó		Peso: 18,955 kg		Fecha: 9/07/2019	
Proyección		Acabados:		Chaflanes: 0,5	Redondeos: 0,5	Documento No.: SEC01-Planos	
				Cantidad: 1	Soldaduras: AWS		Hoja: 5
				Reemplaza a:			De:

Ubicación Archivo: C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\Secadora plastico\Secadora01-H (Poleas)\Design Accelerator\Polea ranurada



22	1		Acero, carbono	Secadora01-J (Compuerta Tolva)
21	2	Tornillo avellanado	Acero, suave	DIN 963 - M6 x 12
20	2		Acero, carbono	Bisagra
19	1		Acero, carbono	Secadora01-F
18	4	Tuercas hex. (Serie en pulgadas)	Acero, suave	ANSI B18.2.2 - 1 - 8
17	4	ANSI B18.22.1 Tipo A	Acero, suave	ASTM F436 - 1
16	2	Perno hex. grueso - UNC (Rosca regular - Pulgadas)	Acero, suave	ANSI B18.2.6 - 1-8 UNC - 8
15	8	Arandela	Acero, suave	DIN 125 - A 25
14	4	Perno de cabeza-hex	Acero, suave	DIN 6914 - M24 x 60
13	4	Tuerca hexagonal	Acero, suave	DIN 6915 - M24
12	14	Tuerca hexagonal	Acero, suave	DIN 6915 - M12
11	28	Arandela	Acero, suave	DIN 125 - A 13
10	14	Perno de cabeza-hex	Acero, suave	DIN 6914 - M12 x 40
9	1		Acero, carbono	Secadora01-I (Compuerta)
8	1		Acero, carbono	Secadora01-E
7	1			Secadora01-H (Poleas)
6	1		Acero, carbono	Secadora01-C
5	1		Acero, carbono	Secadora01-D (Eje)
4	2			Chumacera inafag_ucp213-40
3	1			moteur_wfp4-9_224b3l
2	1			Secadora01-G (Estructura Motor)
1	1			Secadora01-B (Estructura)
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	DOCUMENTO

LISTA DE PARTES

EQUIVALENCIAS DE ACABADOS		EQUIVALENCIAS DE MAQUINADOS									
ANSI	DIN - ISO 1302	NORMA DIN - ISO 2768-1 DIN 7168									
		MILIMETROS ±					PULGADAS ±				
		CLASE	FINA (f)	MEDIA (m)	BURDA (b)	DE CAUCHOS PLÁSTICO PUNFICION	CLASE	FINA (f)	MEDIA (m)	BURDA (b)	DE CAUCHOS PLÁSTICO PUNFICION
4	0,1	DE	0,05	0,1	0,15	NA	0	0,002	0,004	0,008	NA
16	0,2	3	0,05	0,1	0,15	NA	0	0,002	0,004	0,008	NA
32	0,4	6	0,05	0,1	0,2	0,5	0	0,002	0,004	0,008	1/64
63	0,8	30	0,10	0,2	0,5	1	1/4	0,004	1/128	3/128	1/32
125	1,6	6	0,15	0,3	0,8	1,5	1/2	0,006	1/64	1/32	1/16
250	3,2	120	0,2	0,5	1,2	2,5	4	1/128	3/128	3/64	3/32
500	6,3	400	0,3	0,8	2	4	12	1/64	1/32	3/32	1/8
	12,5	1000	0,5	1,2	3	6	39	3/128	3/64	1/8	3/16
		2000	0,5	2	4	8	78	1/32	3/32	5/32	5/16
		4000	NA	3	6	10	MÁS DE 157"	NA	1/8	1/4	3/8
DIN - ISO 1302 EN MICROMETROS ANSI EN MICROPULGADAS											
Ubicación Archivo: C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\Secadora plastico\Secadora01 (Ensamble Completo).iam											

CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:

1. Fabricación y/o montaje.
2. Cambios dimensionales.
3. Especificaciones de soldadura.

Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.

UNIVERSIDAD EAFIT

ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL, NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA

Revisó: _____ Aprobó: _____

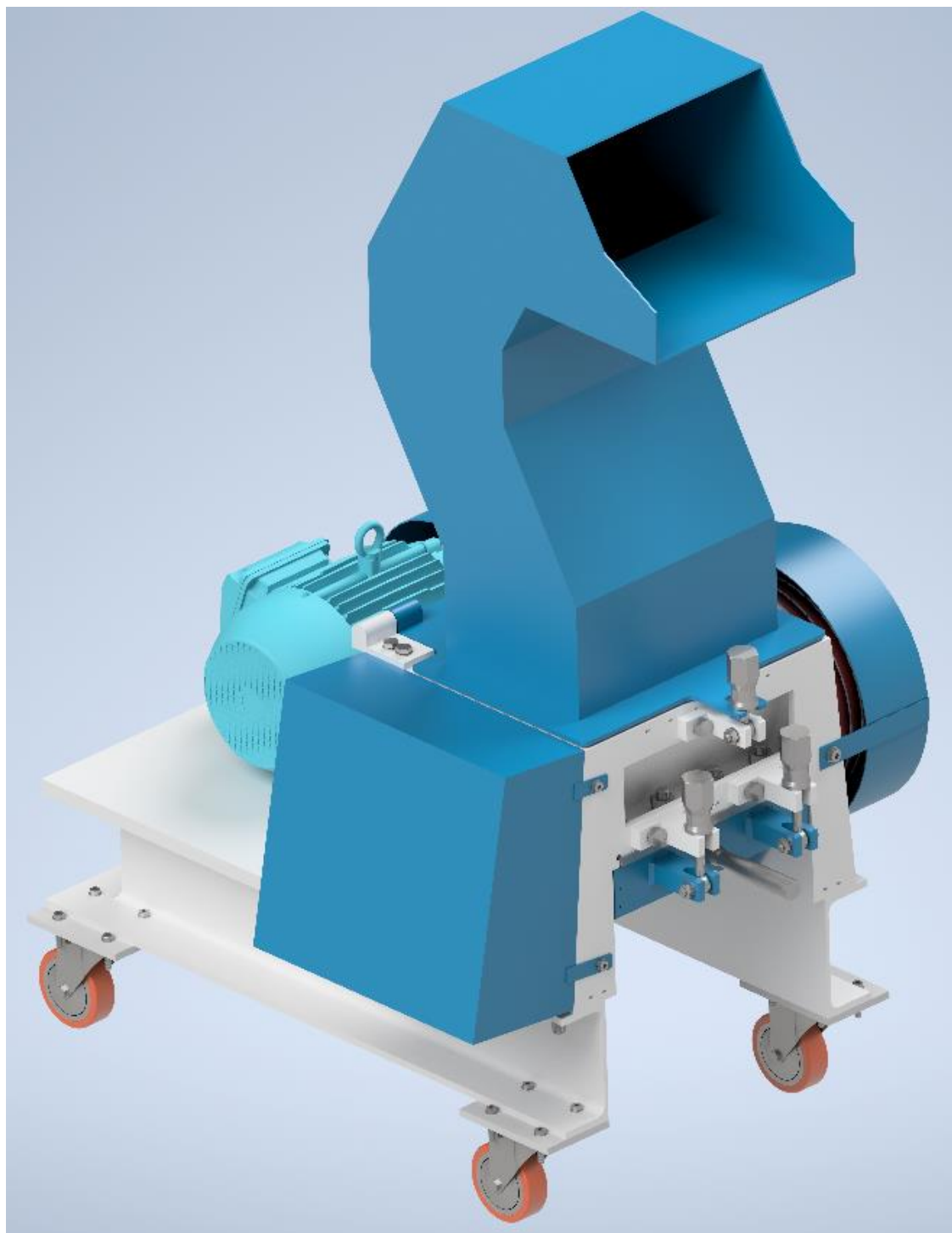
Peso: N/D Fecha: 9/07/2019

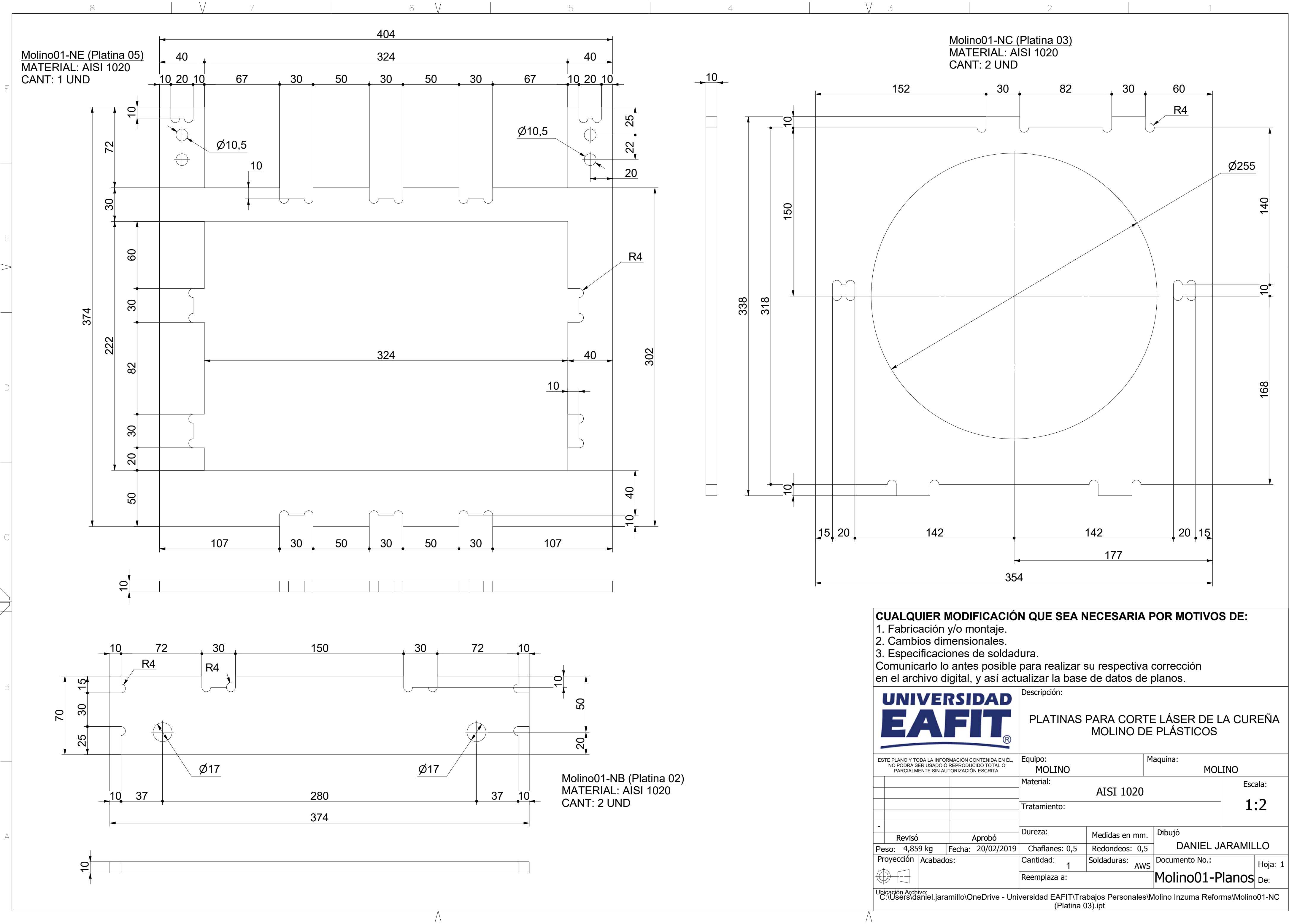
Proyección: _____ Acabados: _____

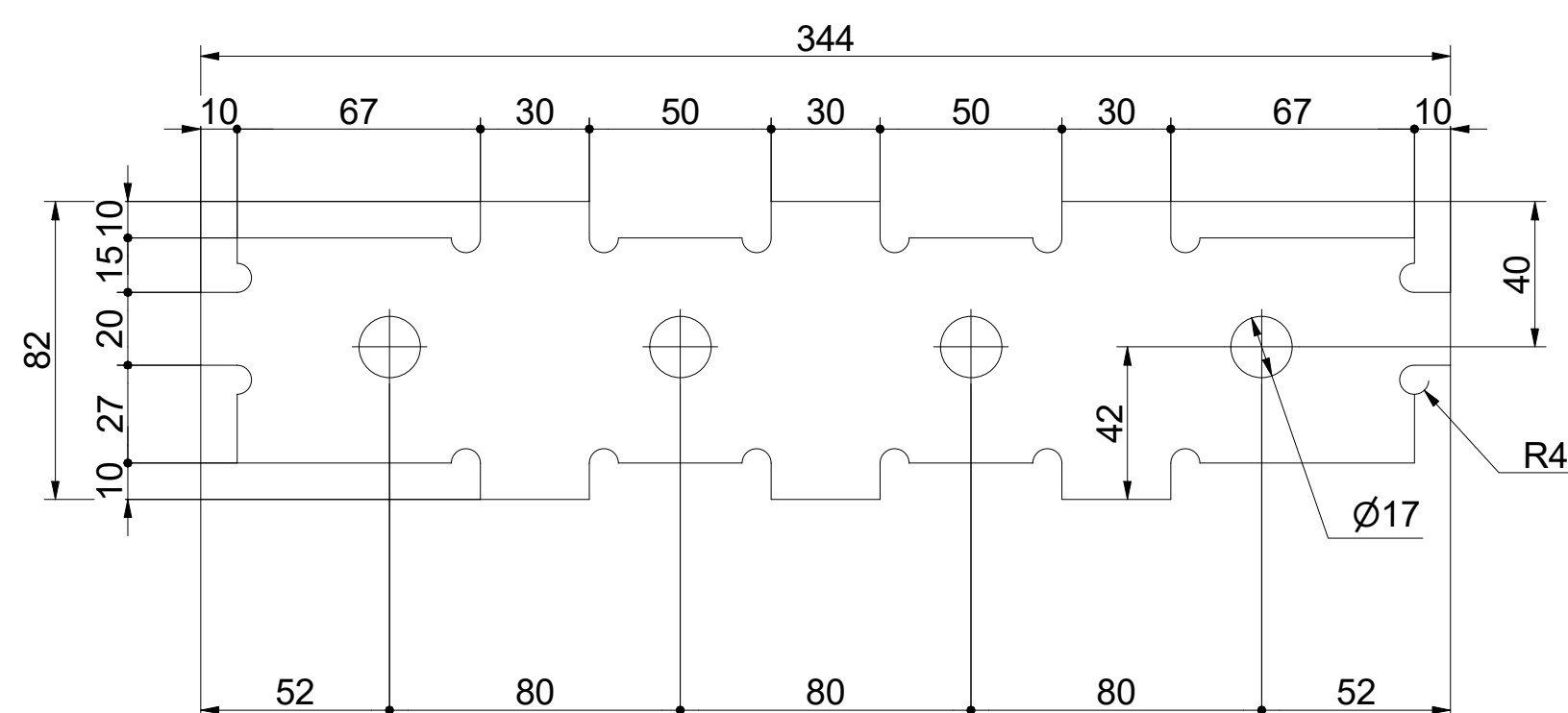
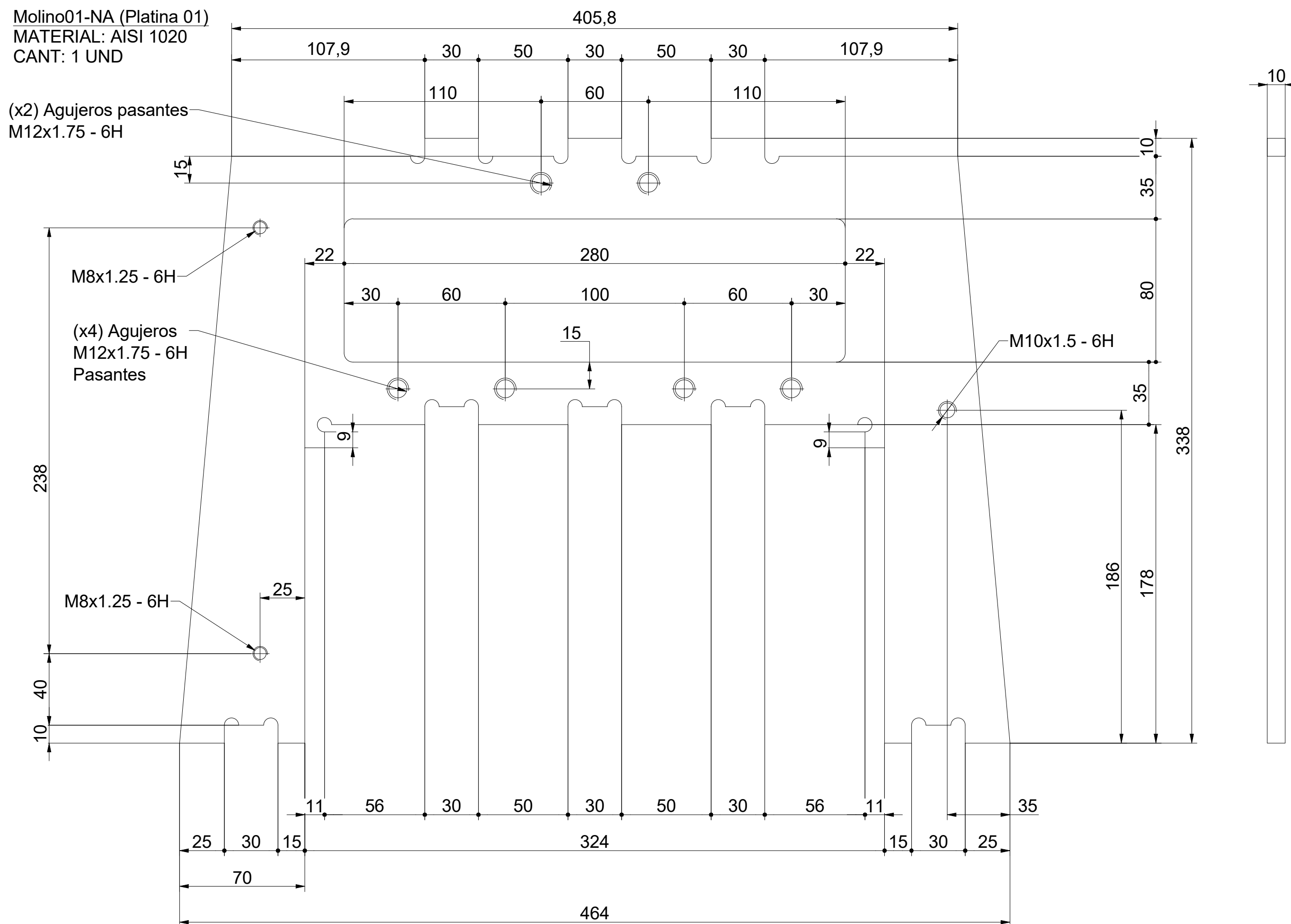
Descripción:		Maquina:	
ENSAMBLE SECADORA DE MATERIA PRIMA-PVC		SEC01	
Equipo:	SECADORA	Escala:	
Material:	VARIOS	1:6	
Tratamiento:			
Dureza:	Medidas en mm.	Dibujó	
Chafanes: 0,5	Redondeos: 0,5	DANIEL JARAMILLO	
Cantidad: 1	Soldaduras: AWS	Documento No.:	Hoja: 6
Reemplaza a:		SEC01-Planos	De:

ANEXO H.

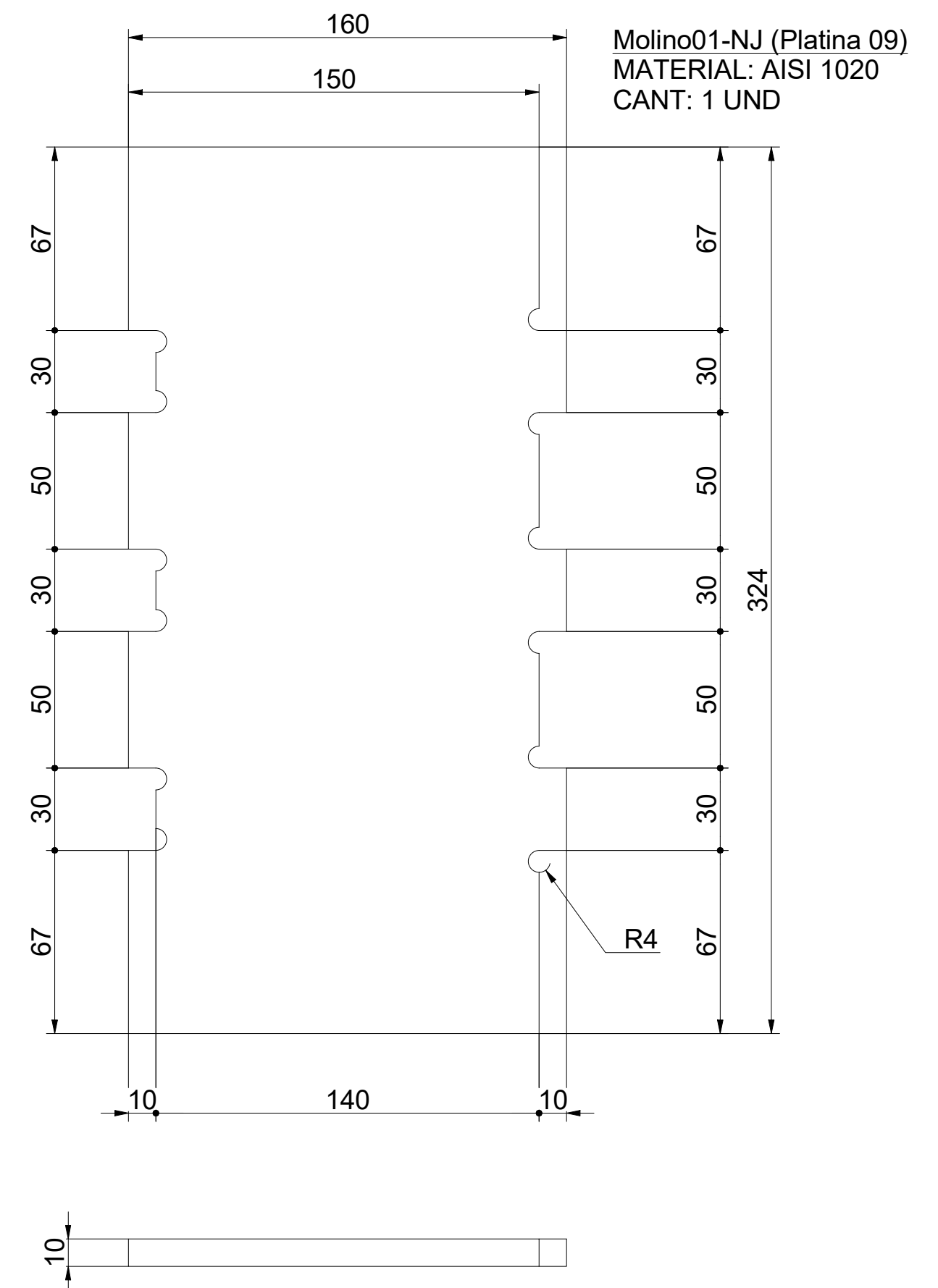
PLANOS PARA LA FABRICACIÓN DE MOLINO DE CUCHILLAS TIPO
GUILLOTINAS.



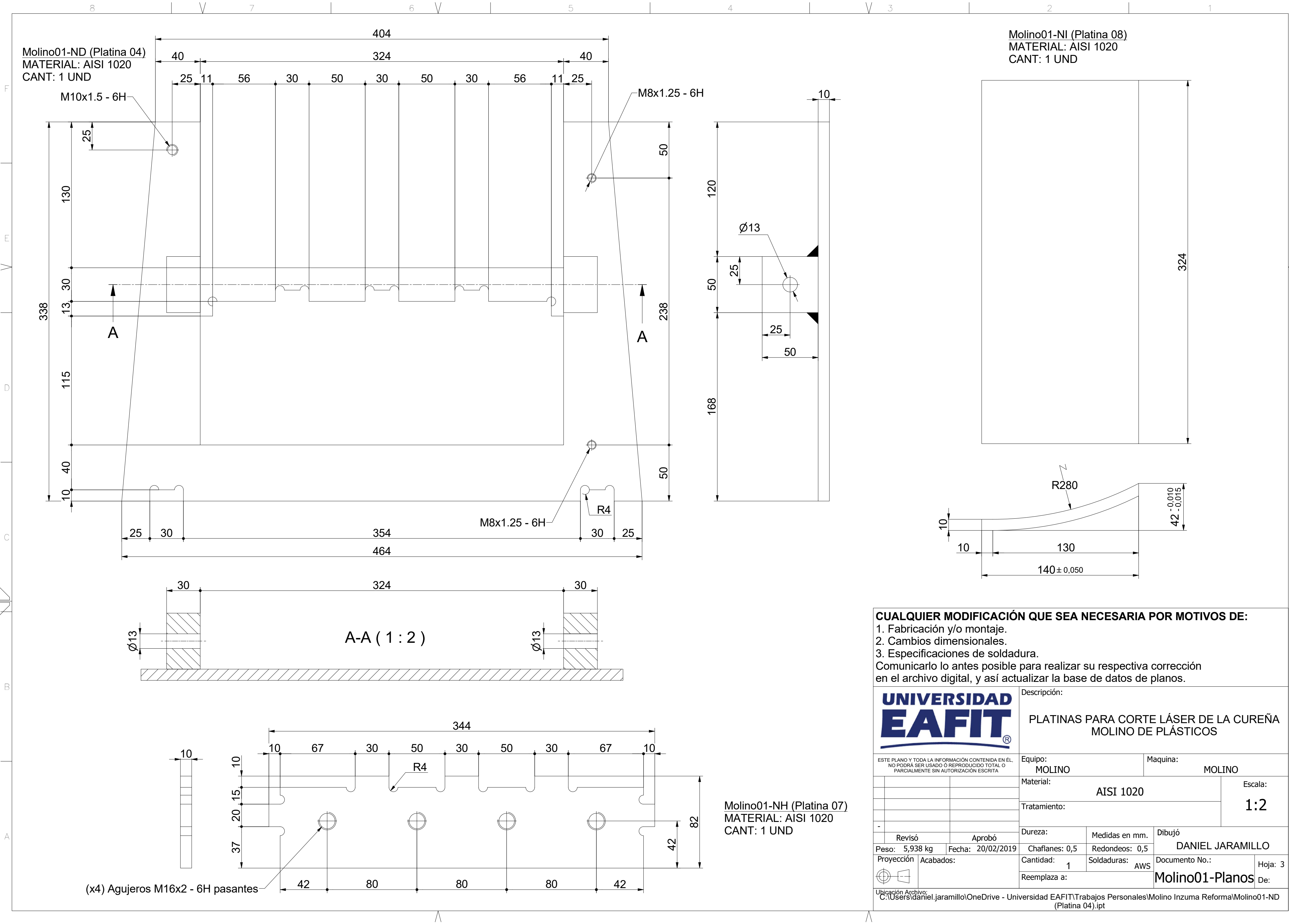




Molino01-NF (Platina 06)
MATERIAL: AISI 1020
CANT: 1 UND



CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE: <ol style="list-style-type: none"> 1. Fabricación y/o montaje. 2. Cambios dimensionales. 3. Especificaciones de soldadura. Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.					
		Descripción: PLATINAS PARA CORTE LÁSER DE CUREÑA DE MOLINO DE PLÁSTICOS			
ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL, NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA		Equipo: MOLINO		Maquina: MOLINO	
		Material: AISI 1020			Escala: 1:2
		Tratamiento:			1:2
-					
Revisó		Aprobó		Dureza:	
Peso: 4,804 kg		Fecha: 20/02/2019		Medidas en mm.	
Proyección		Acabados:		Chaflanes: 0,5	
		Cantidad: 1		Redondeos: 0,5	
		Reemplaza a:		Soldaduras: AWS	
				Documento No.:	
				Molino01-Planos	
				Hoja: 2	
				De:	
Ubicación Archivo: C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\Molino Inzuma Reforma\Molino01-NA (Platina 01).ipt					







C



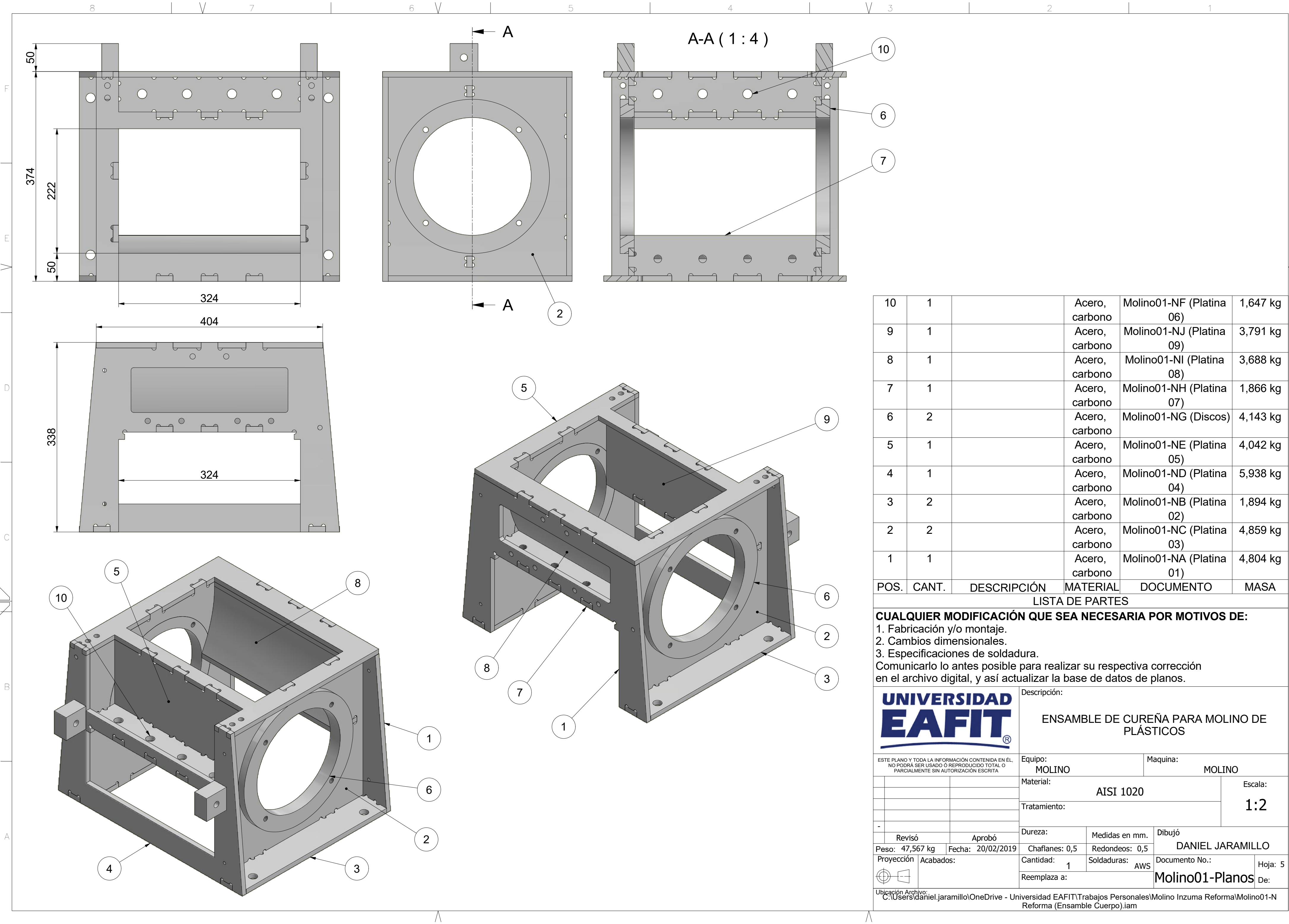
A



0H



(Discos).ipt



10	1		Acero, carbono	Molino01-NF (Platina 06)	1,647 kg
9	1		Acero, carbono	Molino01-NJ (Platina 09)	3,791 kg
8	1		Acero, carbono	Molino01-NI (Platina 08)	3,688 kg
7	1		Acero, carbono	Molino01-NH (Platina 07)	1,866 kg
6	2		Acero, carbono	Molino01-NG (Discos)	4,143 kg
5	1		Acero, carbono	Molino01-NE (Platina 05)	4,042 kg
4	1		Acero, carbono	Molino01-ND (Platina 04)	5,938 kg
3	2		Acero, carbono	Molino01-NB (Platina 02)	1,894 kg
2	2		Acero, carbono	Molino01-NC (Platina 03)	4,859 kg
1	1		Acero, carbono	Molino01-NA (Platina 01)	4,804 kg
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	DOCUMENTO	MASA

LISTA DE PARTES					
CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:					
1. Fabricación y/o montaje.					
2. Cambios dimensionales.					
3. Especificaciones de soldadura.					
Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.					
<div>UNIVERSIDAD EAFIT®</div>			Descripción:		
			ENSAMBLE DE CUREÑA PARA MOLINO DE PLÁSTICOS		
ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL, NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA			Equipo:		Maquina:
			MOLINO		MOLINO
			Material:		
			AISI 1020		
			Tratamiento:		
			Escala:		
			1:2		
-			Dureza:		
	Revisó	Aprobó	Medidas en mm.		Dibujó
Peso: 47,567 kg		Fecha: 20/02/2019	Chafilanes: 0,5		Redondeos: 0,5
Proyección		Acabados:	Cantidad: 1		Soldaduras: AWS
			Reemplaza a:		Documento No.:
					Hoja: 5
					Molino01-Planos
					De:
Ubicación Archivo:					
C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\Molino Inzuma Reforma\Molino01-N Reforma (Ensamble Cuerpo).iam					

3D model of a mechanical part, a triangular plate with a central circular hole and two smaller holes on one side.

Technical drawing of a triangular plate with a central circular hole and four rectangular slots. The plate has a base of 159 and a height of 159. The central hole has a diameter of 81.4. The four rectangular slots are positioned at the corners, each with a width of 24 and a height of 50. The distance from the center of the hole to the inner corner of each slot is 77.6. The drawing is labeled 'C 1'.

A diagram showing three concentric circles centered at the origin of a coordinate system. A vertical dashed line passes through the center. The line is labeled 'C' at both the top and bottom with arrows pointing to it.

Technical drawing of a triangular plate with a central hole and six threaded holes. The drawing includes a top view and a perspective view.

Dimensions (mm):

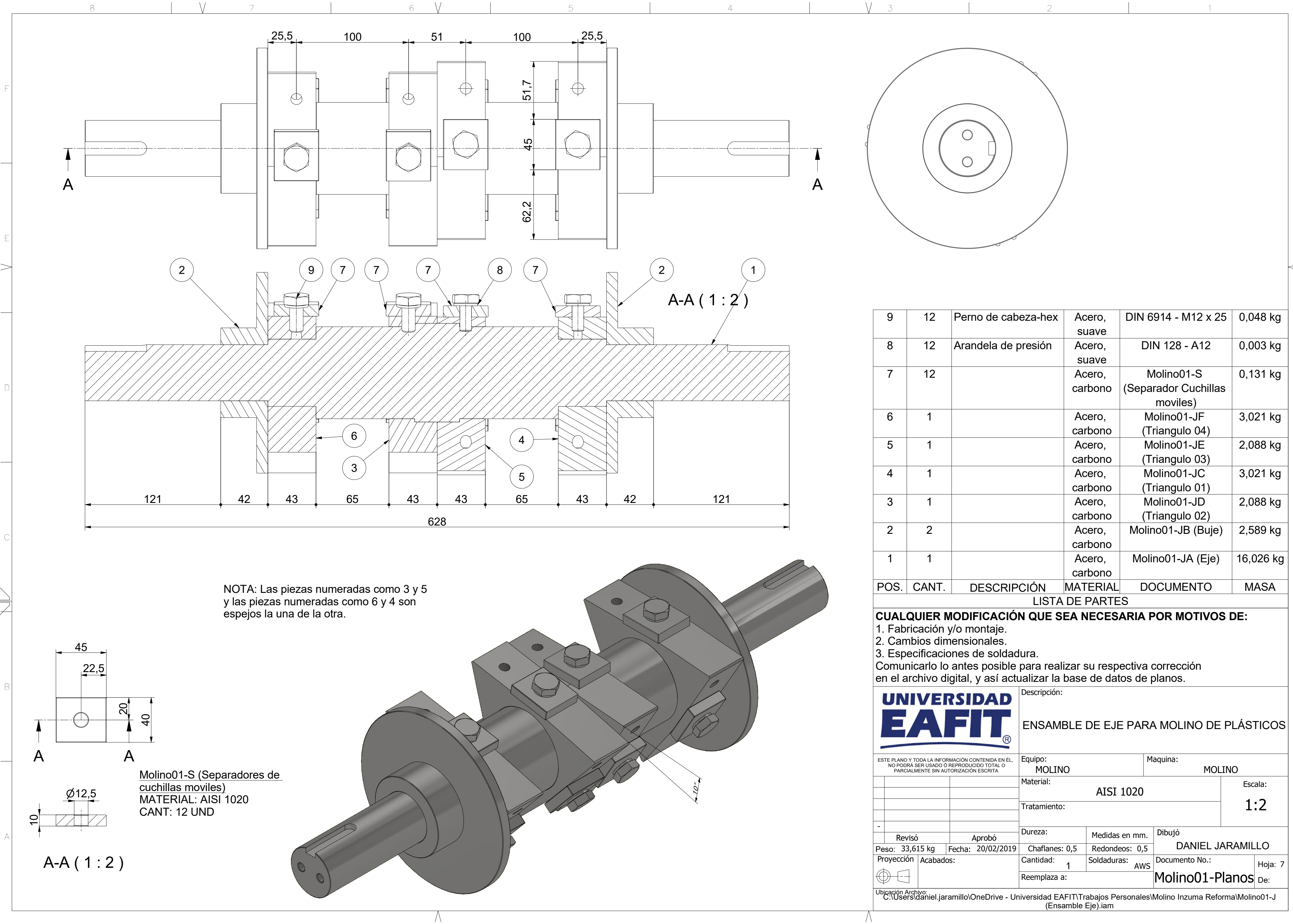
- Central hole diameter: $\varnothing 60$
- Distance from center to each vertex: 50
- Distance from center to each side: 24
- Distance between adjacent threaded holes: 50
- Distance from the outer edge to the center of a threaded hole: 24
- Overall width (base): 74
- Plate thickness: 25

Threaded Holes: (x6) Agujeros roscados M12x1.75 - 6H

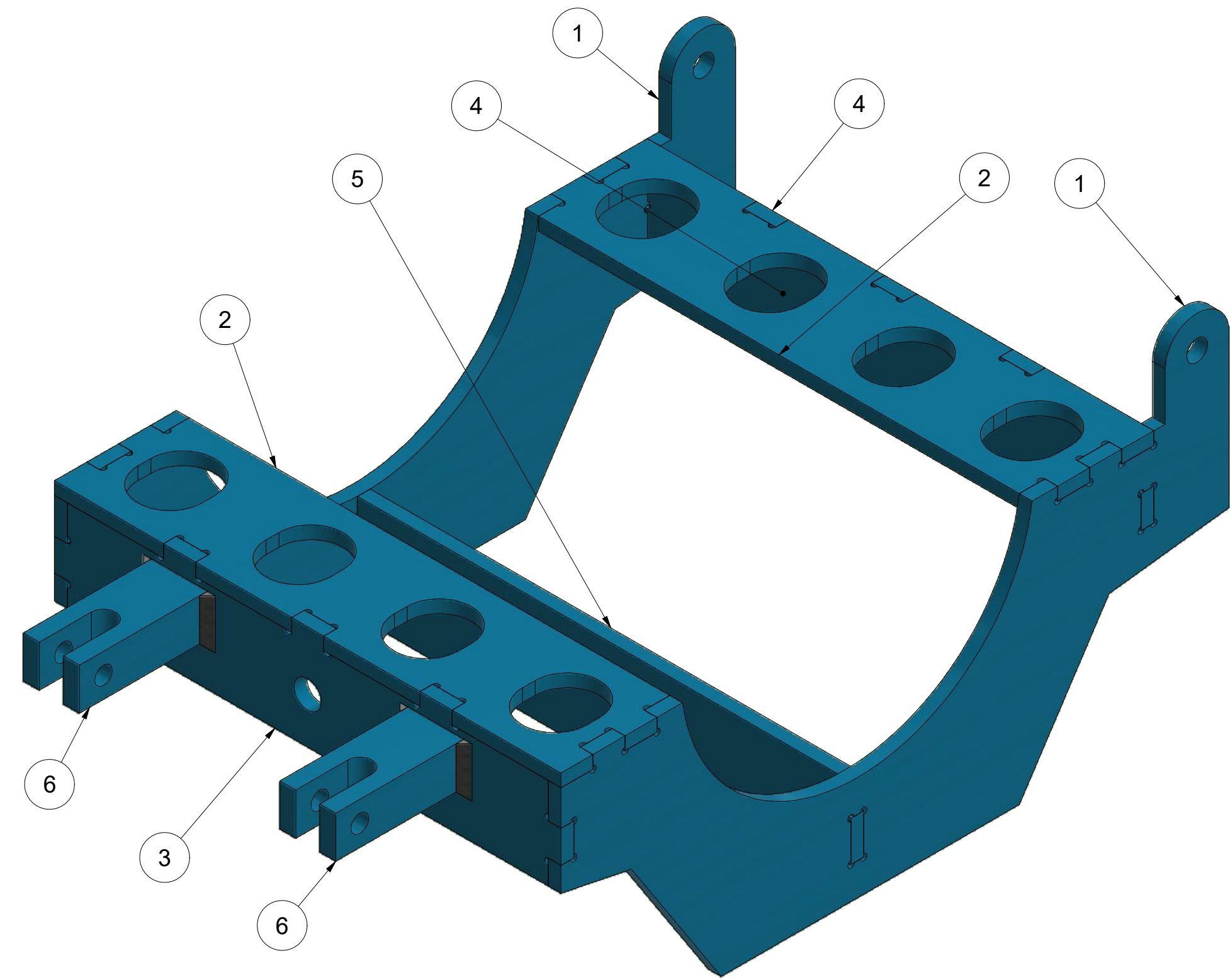
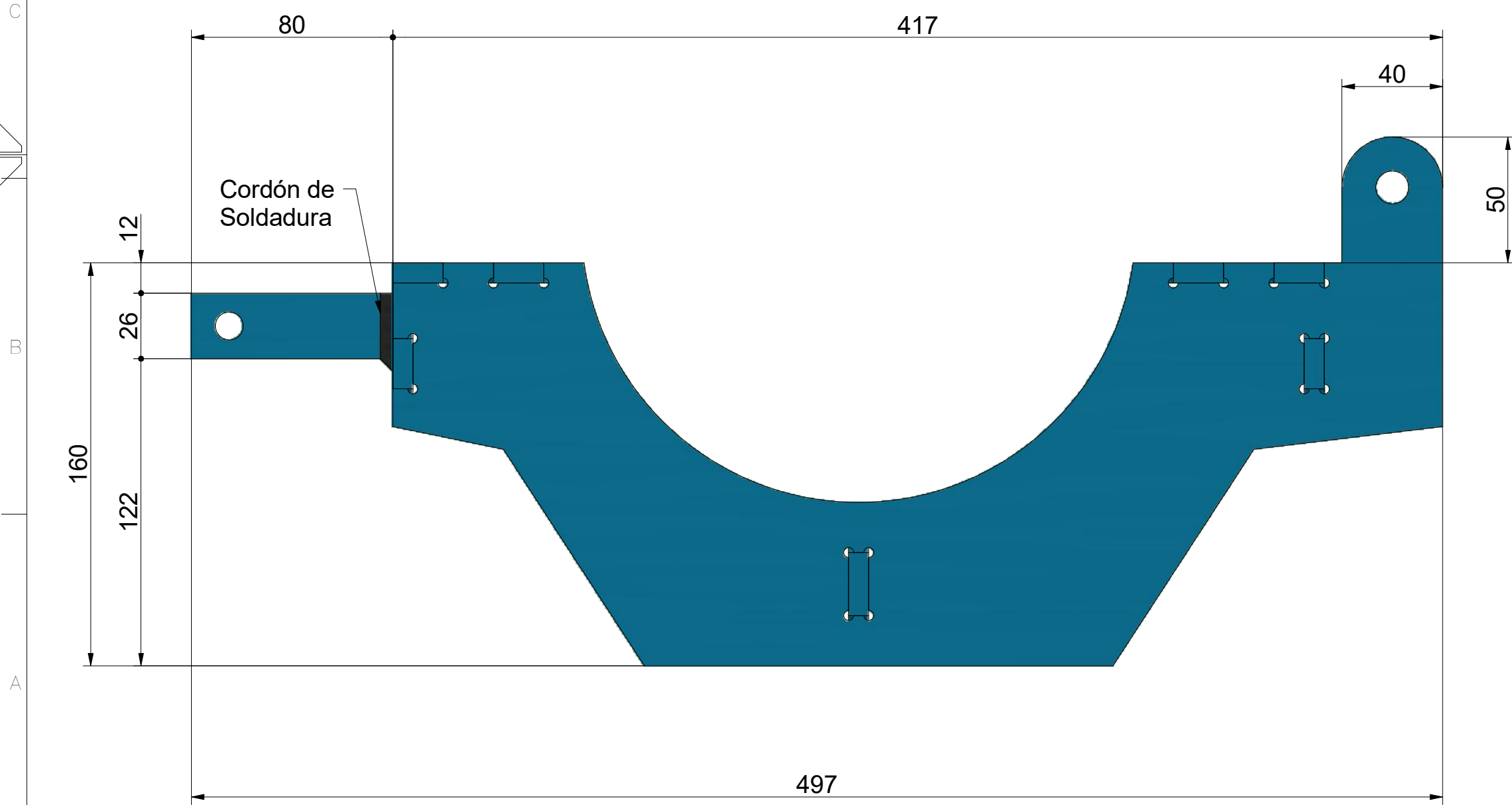
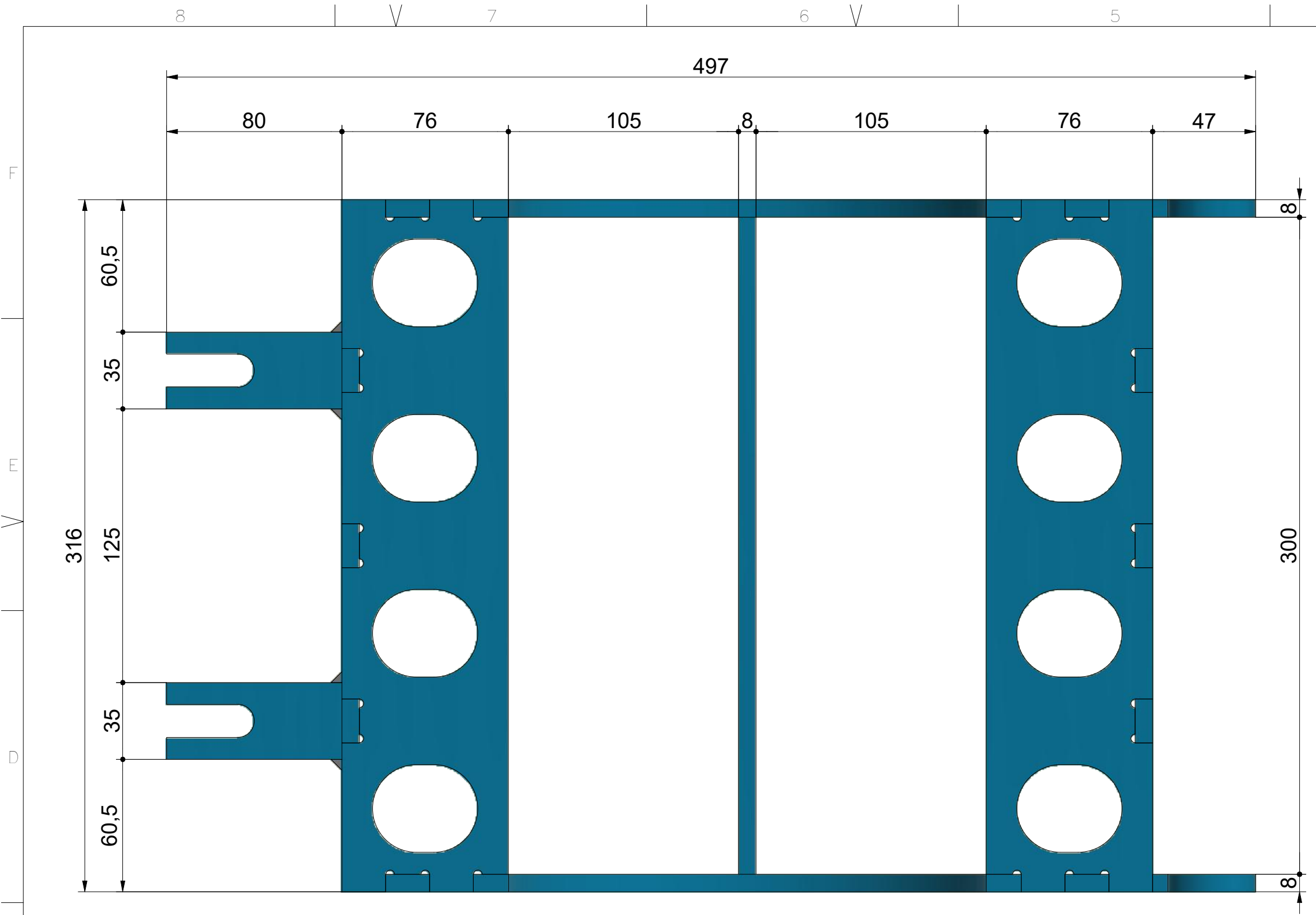
Other Features: (x6) Tacuchillas móvil

Technical drawing of a roof structure. The drawing shows a cross-section of a roof with a central circular feature. The roof is defined by two main sloping lines, each labeled with a length of 159. The angle between these two lines is 115°. The roof is supported by a base structure. The base has a total width of 159, which is divided into two segments: 77,6 on the left and 81,4 on the right. The base is also labeled with a height of 159. The roof structure is further defined by two additional lines, each labeled with a length of 159, which meet at a point above the center of the circular feature. The angle between these two lines is 115°. The circular feature has a diameter of 159. The drawing includes various dimension lines and angles, such as 5°, 115°, and 159.

			Descripción: <h2 style="text-align: center;">EJES PARA PORTACUCHILLAS DE MOLINO DE PLÁSTICOS</h2>			
ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL, NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA			Equipo: <h3 style="text-align: center;">MOLINO</h3>		Maquina: <h3 style="text-align: center;">MOLINO</h3>	
			Material: <h2 style="text-align: center;">AISI 4340</h2>		Escala: <h1 style="text-align: center;">1:1</h1>	
			Tratamiento:			
-						
	Revisó	Aprobó	Dureza:	Medidas en mm.	Dibujó <h2 style="text-align: center;">DANIEL JARAMILLO</h2>	
Peso: 3,021 kg	Fecha: 20/02/2019		Chaflandes: 0,5	Redondeos: 0,5		
Proyección	Acabados:		Cantidad: 1	Soldaduras: AWS	Documento No.:	
			Reemplaza a:		<h2 style="text-align: center;">Molino01-Planos</h2>	Hoja: De:
Ubicación Archivo: C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\Molino Inzuma Reforma\Molino01-JF (Triángulo 04).ipt						

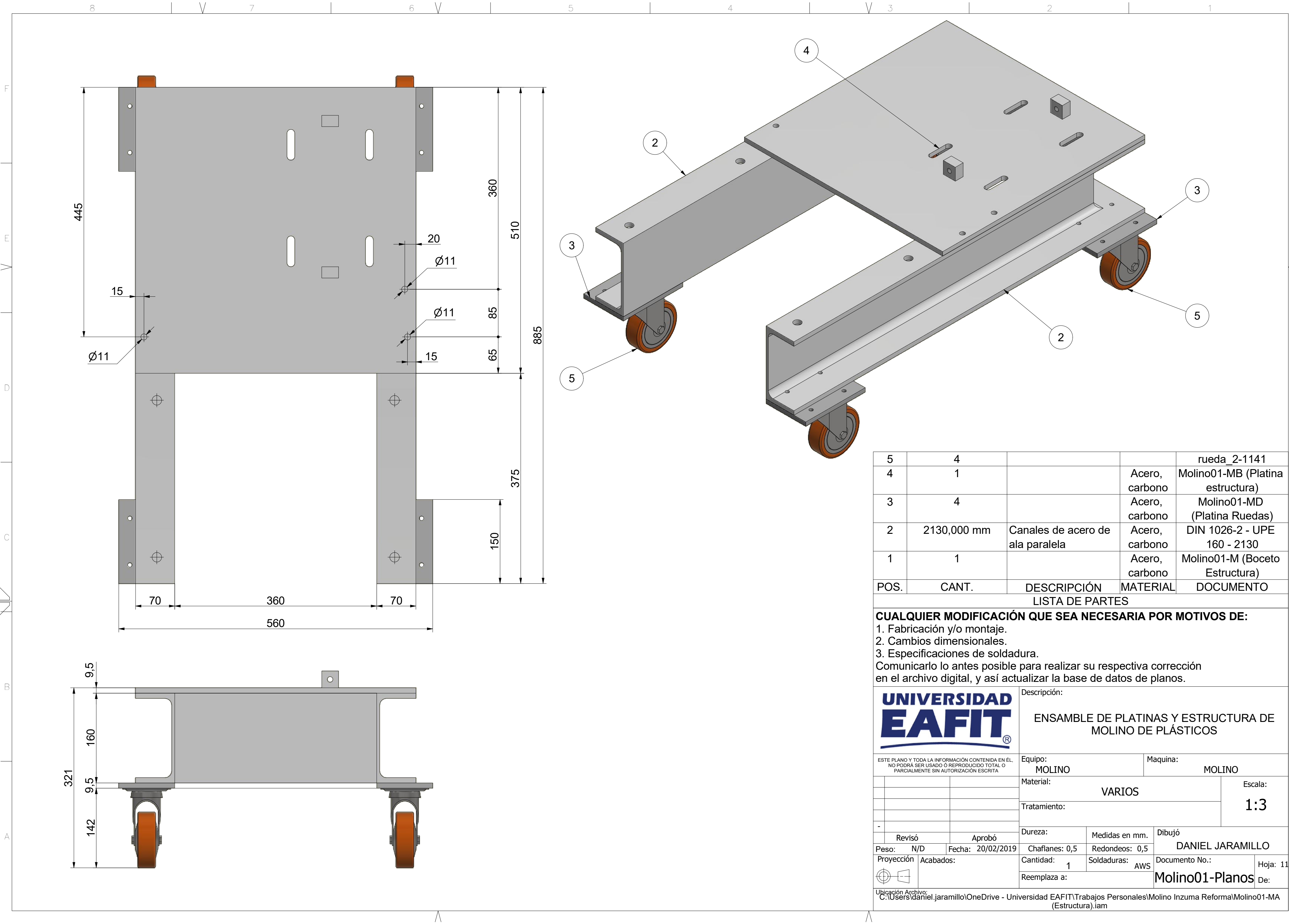


ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL, NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA					
Revisó		Aprobó		Dureza:	
Peso: 33,615 kg		Fecha: 20/02/2019		Medidas en mm.	
Proyección		Acabados:		Dibujó	
Cantidad: 1		Reemplaza a:		DOCUMENTO No.:	
Ubicación Archivo:		C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\Molino Inzuma Reforma\Molino01-J (Ensamble Eje).iam		De:	
Reemplaza a:		Molino01-Planos		Hoja: 7	
Reemplaza a:		Molino01-Planos		De:	

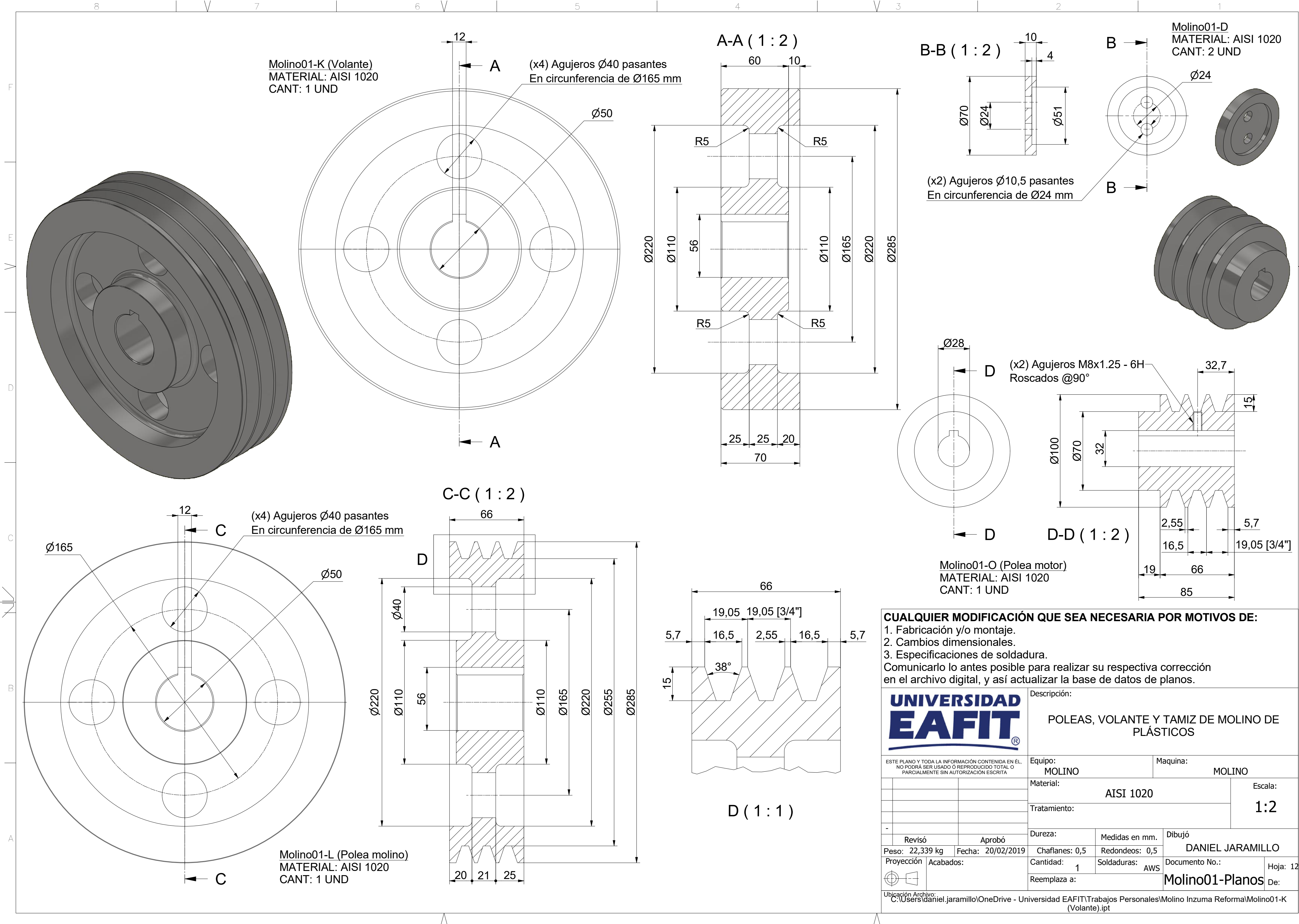


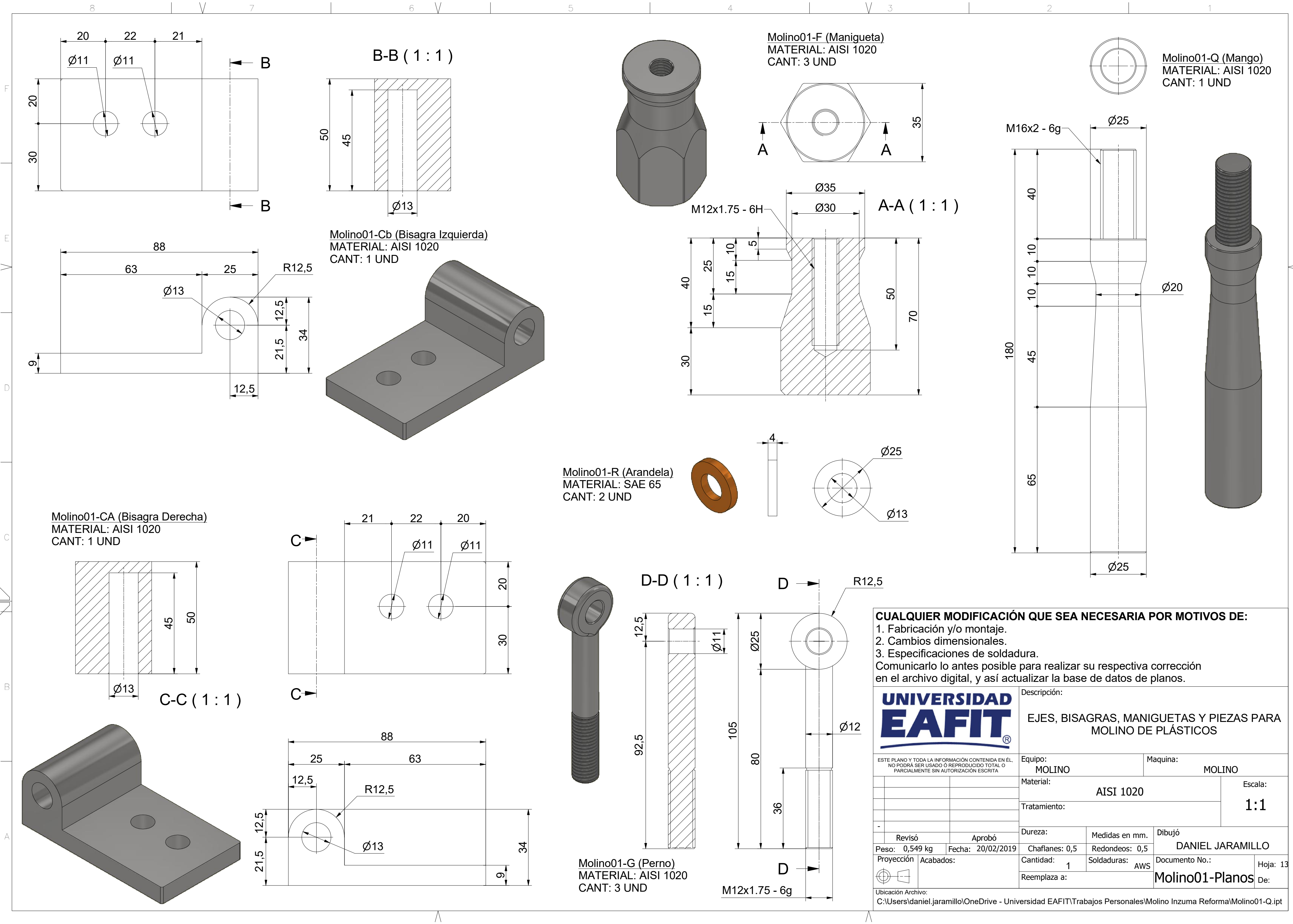
6	2		Acero, carbono	Molino01-PF (Platina 06)
5	1		Acero, carbono	Molino01-PE (Platina 05)
4	1		Acero, carbono	Molino01-PD (Platina 04)
3	1		Acero, carbono	Molino01-PC (Platina 03)
2	2		Acero, carbono	Molino01-PB (Platina 02)
1	2		Acero, carbono	Molino01-PA (Platina 01)
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	DOCUMENTO

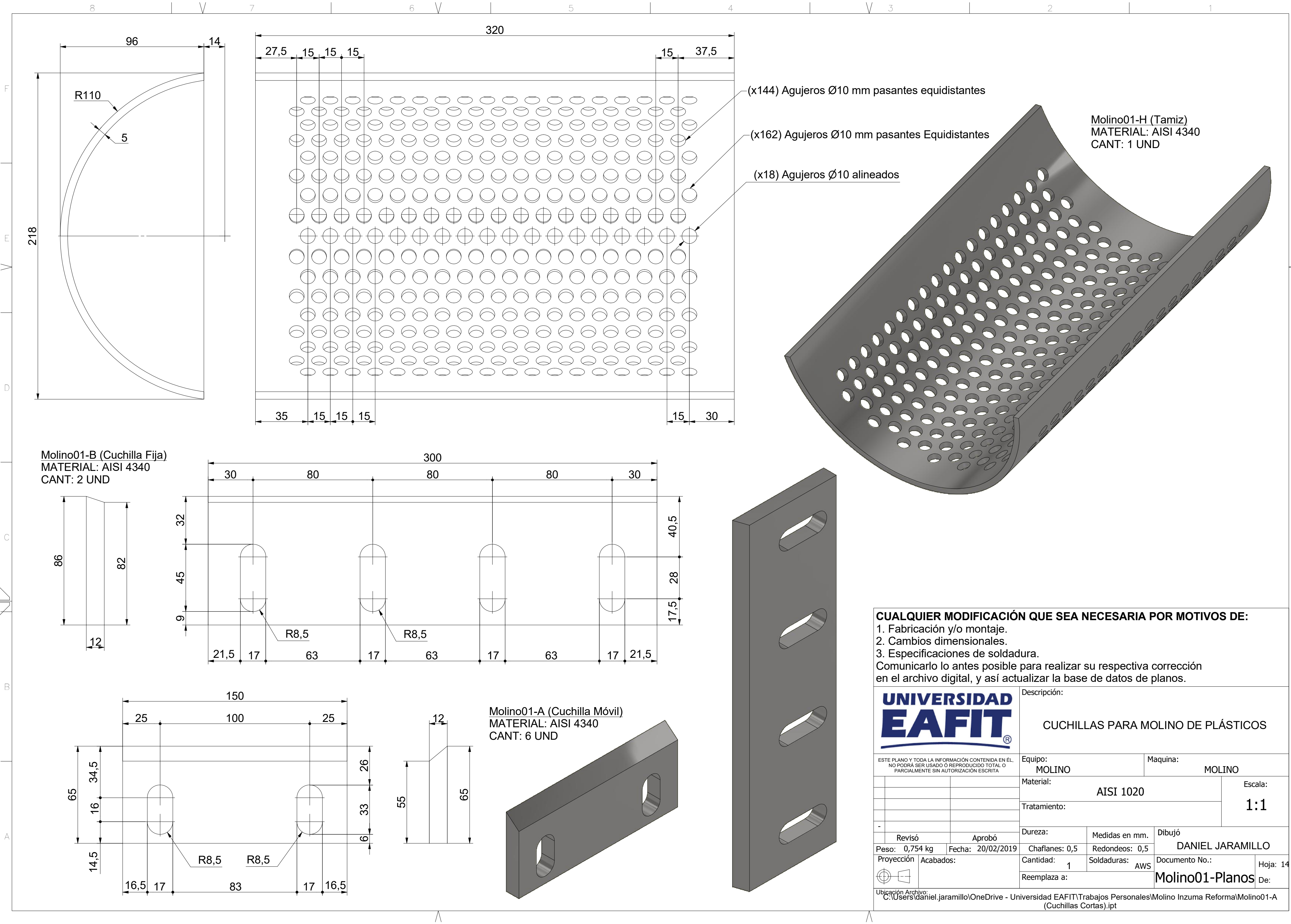
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	DOCUMENTO
LISTA DE PARTES				
CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:				
1. Fabricación y/o montaje.				
2. Cambios dimensionales.				
3. Especificaciones de soldadura.				
Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.				
<div></div>			Descripción:	
			ENSAMBLE DE TAMIZ PARA MOLINO DE PLÁSTICOS	
ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL, NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA			Equipo: MOLINO	Maquina: MOLINO
			Material:	Escala:
			AISI 1020	1:2
			Tratamiento:	
-			Dureza:	Dibujó
	Revisó	Aprobó	Medidas en mm.	DANIEL JARAMILLO
Peso:	N/D	Fecha: 20/02/2019	Chaflanes: 0,5	Redondeos: 0,5
Proyección	Acabados:		Cantidad: 1	Soldaduras: AWS
			Reemplaza a:	Documento No.: Molino01-Planos
Ubicación Archivo: C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\Molino Inzuma Reforma\Molino01-P Ref (Ensamble).iam				Hoja: 9 De:

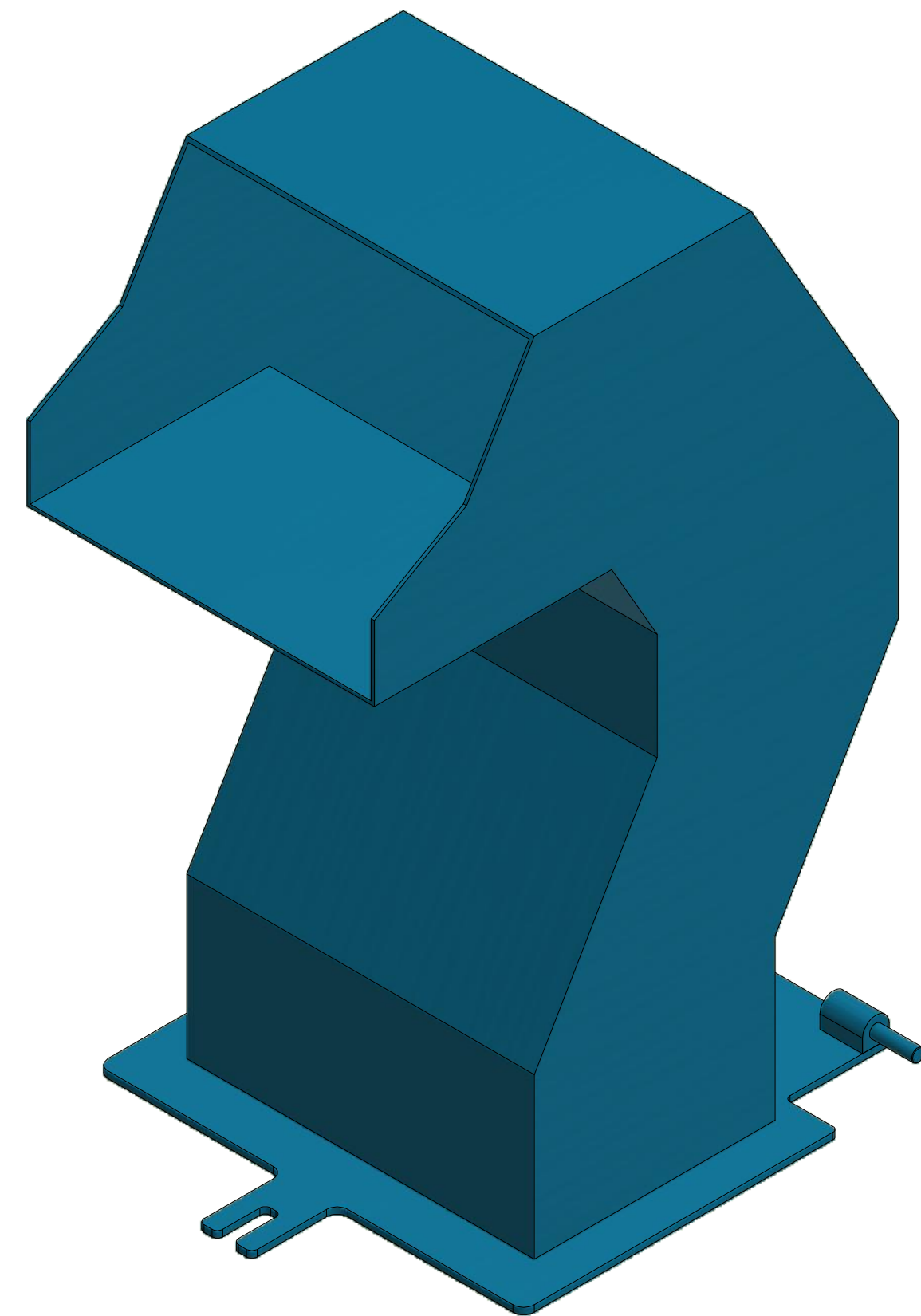
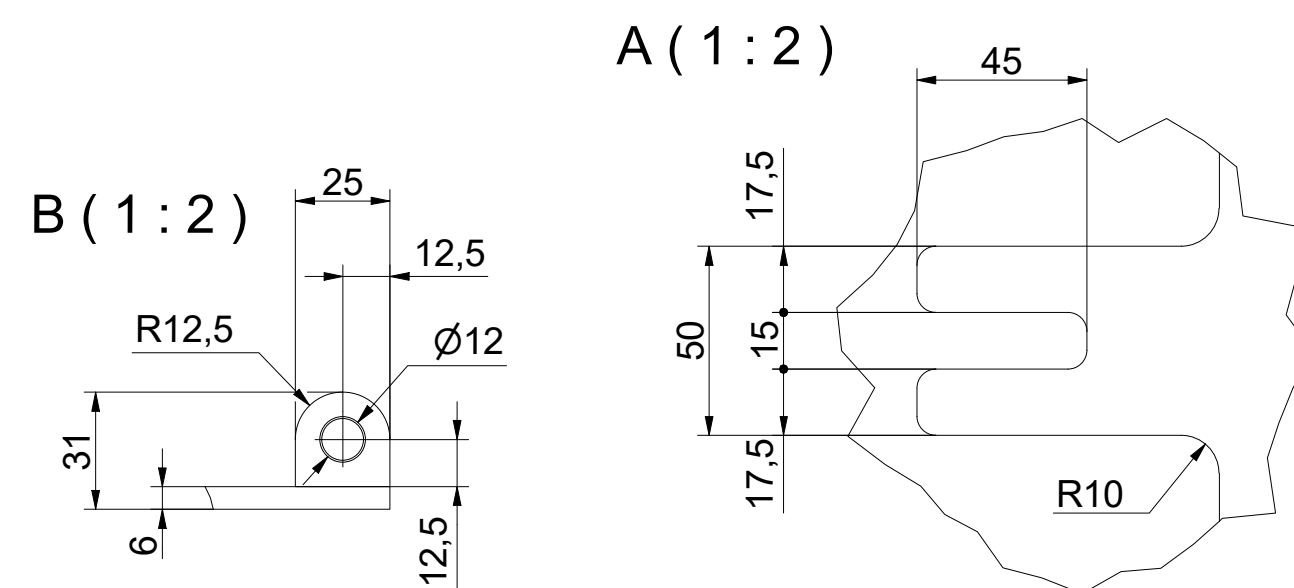
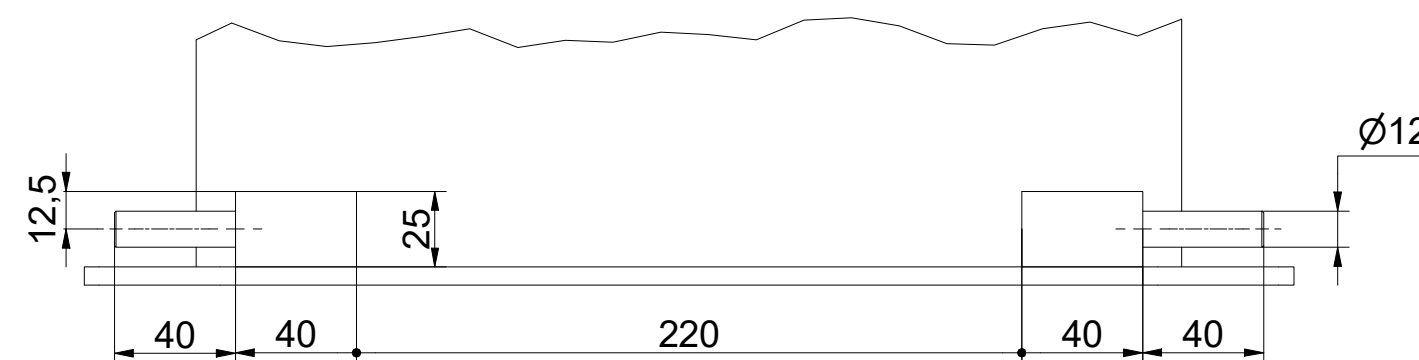
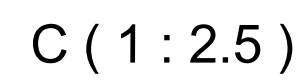
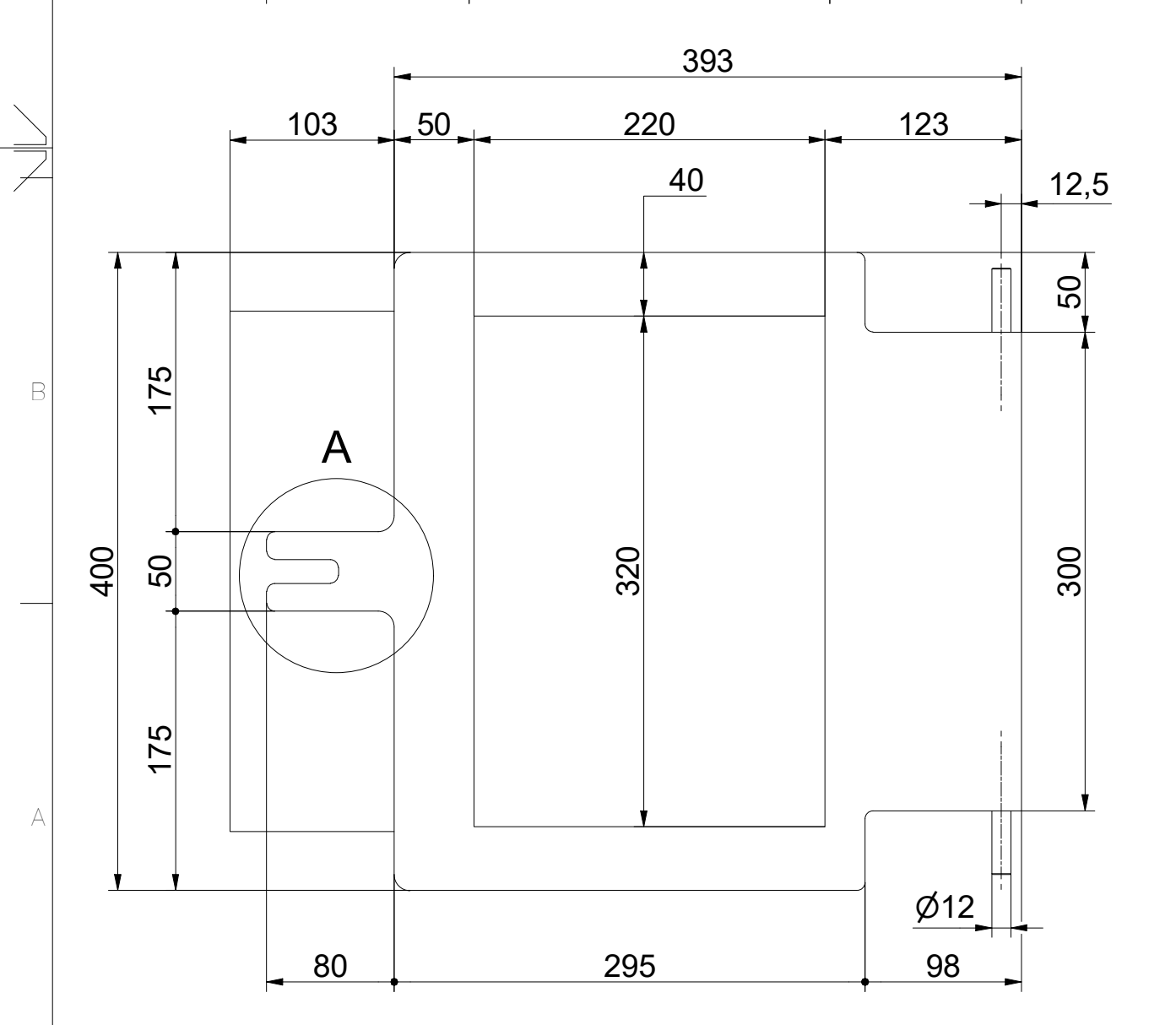


5	4			rueda_2-1141	
4	1		Acero, carbono	Molino01-MB (Platina estructura)	
3	4		Acero, carbono	Molino01-MD (Platina Ruedas)	
2	2130,000 mm	Canales de acero de ala paralela	Acero, carbono	DIN 1026-2 - UPE 160 - 2130	
1	1		Acero, carbono	Molino01-M (Boceto Estructura)	
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	DOCUMENTO	
LISTA DE PARTES					
CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:					
1. Fabricación y/o montaje.					
2. Cambios dimensionales.					
3. Especificaciones de soldadura.					
Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.					
		Descripción:			
ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL, NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA		ENSAMBLE DE PLATINAS Y ESTRUCTURA DE MOLINO DE PLÁSTICOS			
		Equipo:	Maquina:		
		MOLINO	MOLINO		
		Material:		Escala:	
		VARIOS		1:3	
		Tratamiento:			
-		Dureza:	Medidas en mm.	Dibujó	
Revisó	Aprobó	Chafilanes: 0,5	Redondeos: 0,5		
Peso: N/D	Fecha: 20/02/2019	Cantidad: 1	Soldaduras: AWS	Documento No.:	Hoja: 11
Proyección	Acabados:	Reemplaza a:		De:	
				Molino01-Planos	
Ubicación Archivo: C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\Molino Inzuma Reforma\Molino01-MA (Estructura).iam					

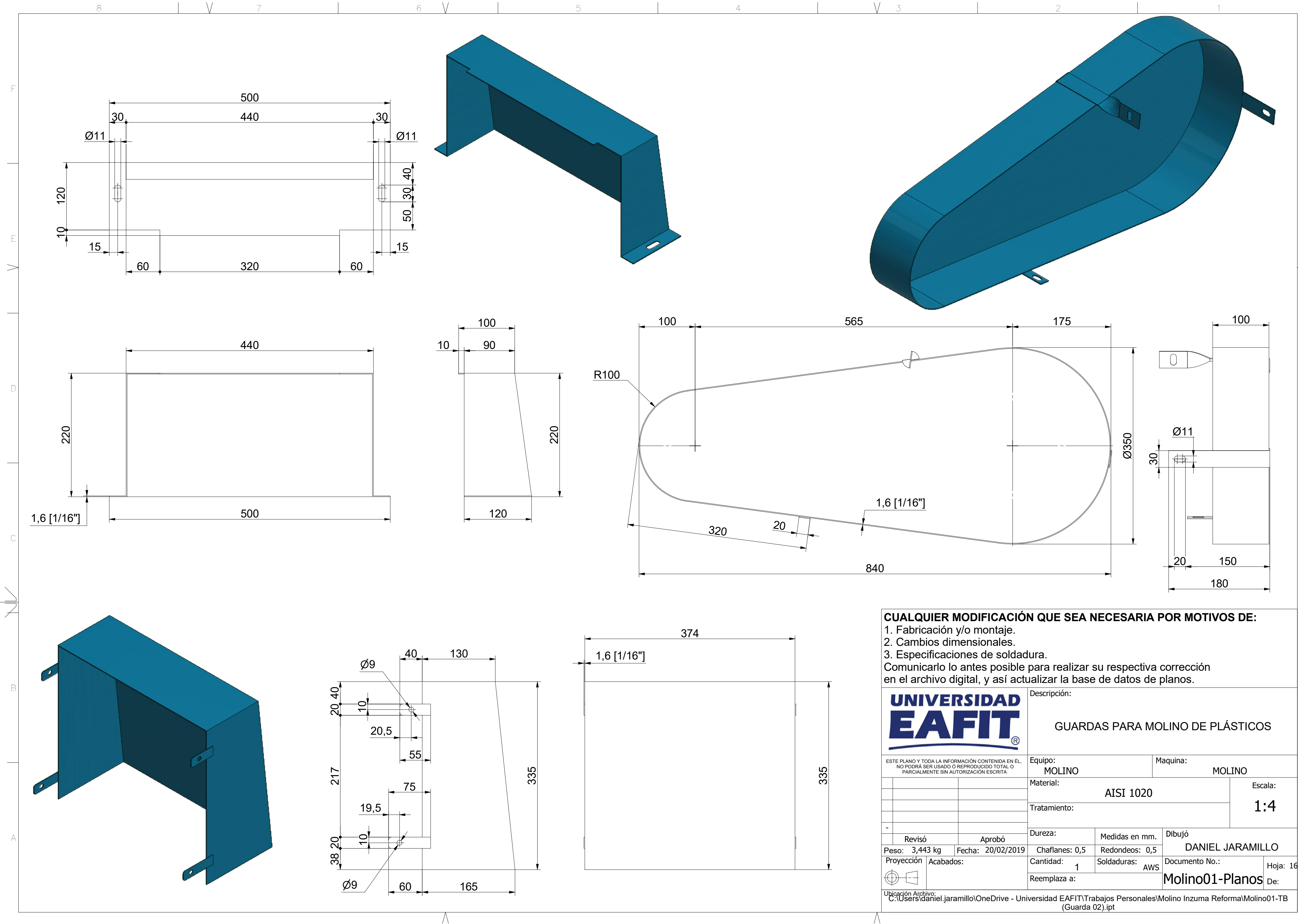


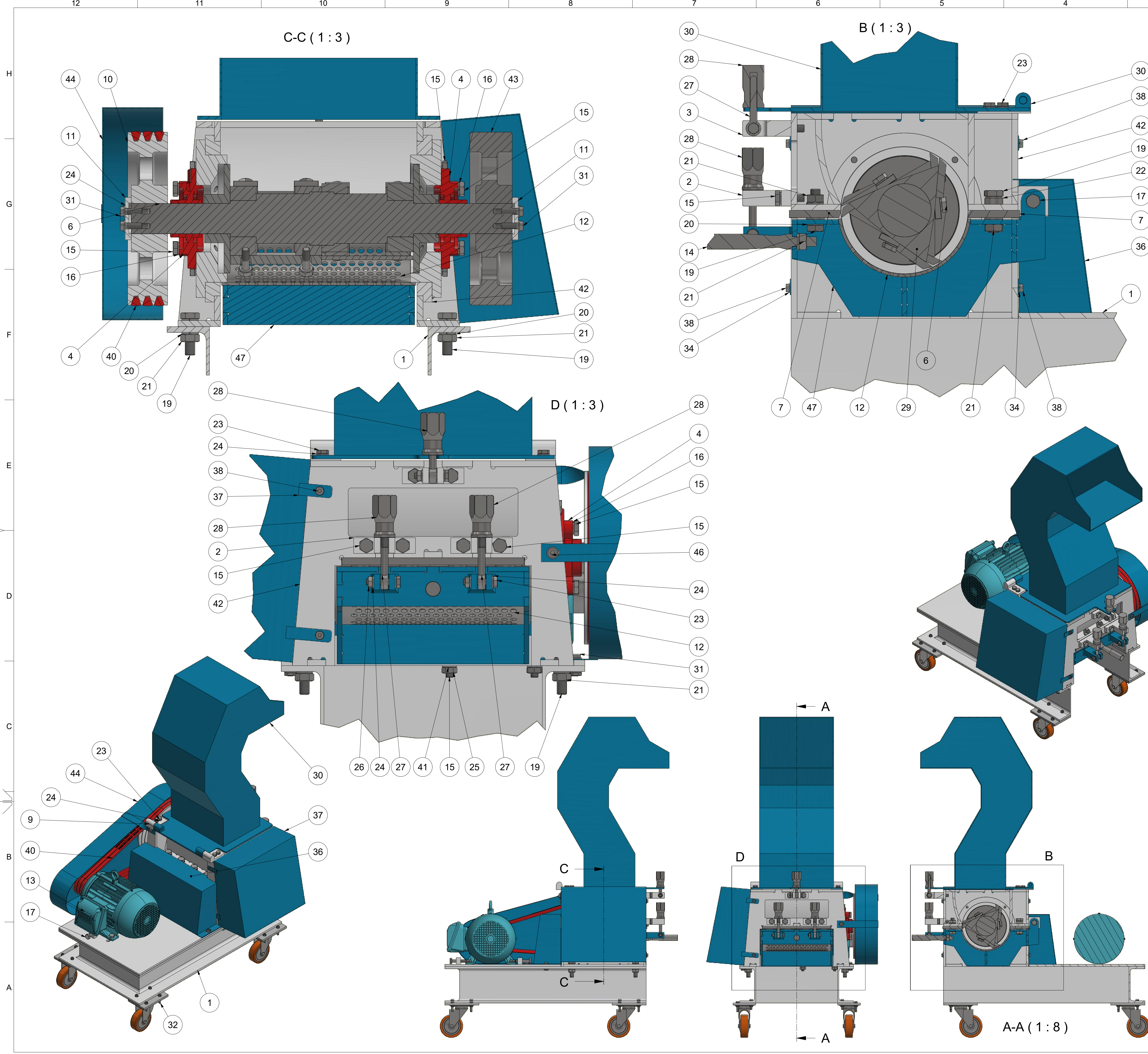






CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:					
1. Fabricación y/o montaje. 2. Cambios dimensionales. 3. Especificaciones de soldadura.					
Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.					
			Descripción: <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">GUARDAS PARA MOLINO DE PLÁSTICOS</div>		
<small>ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ÉL, NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA</small>			Equipo: MOLINO		Maquina: MOLINO
			MATERIAL: <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">AISÍ 1020</div>		Escala: <div style="font-size: 1.5em;">1:4</div>
			Tratamiento:		
-					
Revisó		Aprobó	Dureza:	Medidas en mm.	Dibujó
Peso: 27,265 kg	Fecha: 20/02/2019		Chaflanes: 0,5	Redondeos: 0,5	DANIEL JARAMILLO
Proyección	Acabados:		Cantidad:	Soldaduras: AWS	Documento No.:
			Reemplaza a:		Hoja: 15
					De:
Ubicación Archivo: C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\Molino Inzuma Reforma\Molino01-T					





47	1		Acero	Molino01-P Ref (Ensamble)
46	2	Tornillo de cabeza cilíndrica	Acero, suave	DIN 7984 - M10 x 15
45	1		Acero, carbono	Molino01-O (Polea Motor)
44	1		Acero, carbono	Molino01-TC (Guarda 03)
43	1		Acero, carbono	Molino01-K (Volante)
42	1			Molino01-N Reforma (Ensamble Cuerpo)
41	4	Arandela	Acero, suave	DIN 125 - A 13
40	3		Caucho, Silicona	Molino01-U (Banda tipo B-63 inch)
39	3	Tuerca hexagonal	Acero, suave	DIN 439 - M10
38	4	Tornillo de cabeza cilíndrica	Acero, suave	DIN 7984 - M8 x 20
37	1		Acero, carbono	Molino01-TB (Guarda 02)
36	1		Acero, carbono	Molino01-TA (Guarda 01)
35	16	Tuerca hexagonal	Acero, suave	DIN 439 - M8
34	20	Arandela de presión	Acero, suave	DIN 128 - A8
33	16	Arandela	Acero, suave	DIN 125 - A 8,4
32	16	Tornillo de cabeza cilíndrica	Acero, suave	DIN 7984 - M8 x 40
31	7	Tornillo de cabeza cilíndrica	Acero, suave	DIN 7984 - M10 x 30
30	1		Acero, carbono	Molino01-T (Guarda Superior)
29	6		Acero, carbono	Molino01-A (Cuchillas Cortas)
28	3		Acero, carbono	Molino01-F
27	3		Acero, carbono	Molino01-G
26	3	Tuerca hexagonal	Acero, suave	DIN 555-5 - M10
25	6	Tuerca hexagonal	Acero, suave	DIN 6915 - M12
24	22	Arandela	Acero, suave	DIN 125 - A 10,5
23	7	Perno de cabeza-hex	Acero, suave	DIN 931-1 - M10 x 50
22	12		Acero, carbono	Molino01-RB (Arandela 02)
21	13	Tuerca hexagonal	Acero, suave	DIN 6915 - M16
20	21	Arandela de presión	Acero, suave	DIN 128 - A16
19	12	Perno de cabeza-hex	Acero, suave	DIN 6914 - M16 x 60
18	2		Bronce	Molino01-R (Arandela 01)
17	4	Perno de cabeza-hex	Acero, suave	DIN 6914 - M12 x 60
16	42	Arandela de presión	Acero, suave	DIN 128 - A12
15	38	Perno de cabeza-hex	Acero, suave	DIN 6914 - M12 x 40
14	1		Acero, carbono	Molino01-Q
13	1			Motor WEG 4 KW
12	1		Acero, carbono	Molino01-H
11	2		Acero, carbono	Molino01-D (Arandelas Poleas)
10	1		Acero, carbono	Molino01-L (Polea)
9	1		Acero, carbono	Molino01-CA (Bisagra A)
8	1		Acero, carbono	Molino01-CB (Bisagra B)
7	2		Acero, carbono	Molino01-B (Cuchillas largas)
6	1			Molino01-J (Ensamble Eje)
5	2		Acero, carbono	Molino01-I
4	2		Genérico	Chumacera UCFC210
3	1		Acero, carbono	Molino01-E
2	2		Acero, carbono	Molino01-EB
1	1			Molino01-MA (Estructura)
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	DOCUMENTO



ESTE PLANO Y TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN EL NO PODRÁ SER USADO O REPRODUCIDO TOTAL O PARCIALMENTE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA

Descripción:

ENSAMBLE MOLINO DE PLÁSTICOS

Equipo:	MOLINO	Maquina:	MOLINO
Material:	VARIOS		Escala:
Tratamiento:			1:4
Dureza:	Medidas en mm.	Dibujó	
Peso: N/D	Fecha: 20/02/2019	Chafilanes: 0,5	Redondeos: 0,5
Proyección	Acabados:	Cantidad: 1	Soldaduras: AWS
Reemplaza a:		Molino01-Planos	

Ubicación Archivo: C:\Users\daniel.jaramillo\OneDrive - Universidad EAFIT\Trabajos Personales\Molino Inzuma Reforma\Molino01-Ensamble.iam

CUALQUIER MODIFICACIÓN QUE SEA NECESARIA POR MOTIVOS DE:

1. Fabricación y/o montaje.
2. Cambios dimensionales.
3. Especificaciones de soldadura.

Comunicarlo lo antes posible para realizar su respectiva corrección en el archivo digital, y así actualizar la base de datos de planos.

Revisó: _____ Aprobó: _____

Proyección: _____ Acabados: _____

Reemplaza a: _____

Documento No.: _____ Hoja: 17 De: _____

$$v_b = \pi \cdot D \cdot N$$

$$\varphi_a = \tan^{-1} \left(\frac{S}{\pi D} \right)$$

$$E = \left(\frac{D-h}{D} \right)$$

$$C = \left(\frac{D-2h}{D} \right)$$

$$\tan \varphi_a = C \cdot \tan \varphi_i = E \cdot \tan \varphi_m$$

$$v_{bx} = \pi \cdot D \cdot N \cdot \sin \varphi_a$$

$$v_{bz} = \pi \cdot D \cdot N \cdot \cos \varphi_a$$

$$W_m = S \cdot \cos \varphi_m - e$$

$$v_{sz} = \frac{m_k}{\rho_s \cdot W_m \cdot h}$$

$$v_j = \sqrt{v_b^2 + v_{sz}^2 - 2v_b v_{sz} \cos \varphi_a}$$

$$\delta_o = \sqrt{\frac{k_m (T_o - T_m) W}{\lambda^* \rho_m v_{bx}}}$$

Ciclo iterativo del espesor de la capa de fundido

$$\delta_{sup} = \delta_o$$

$$\gamma = \frac{v_j}{\delta_{sup}}$$

Ciclo iterativo de la temperatura media de la capa de fundido

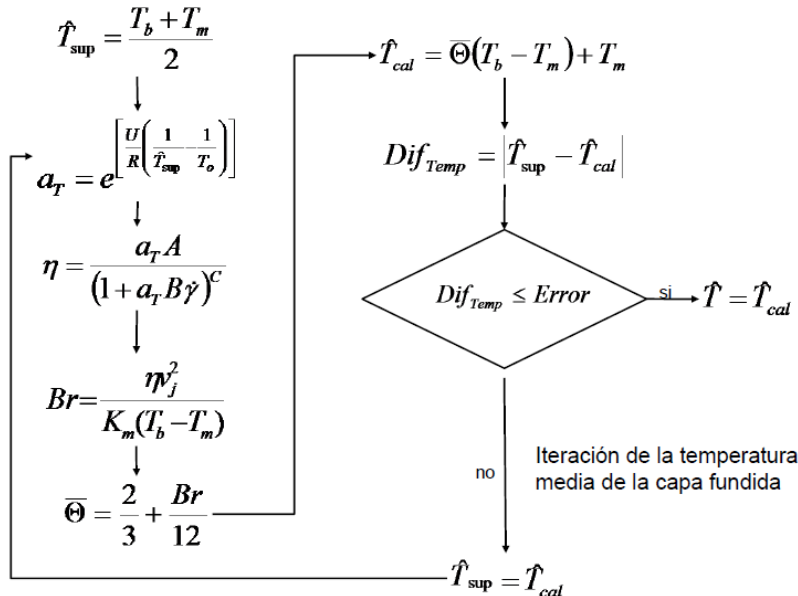
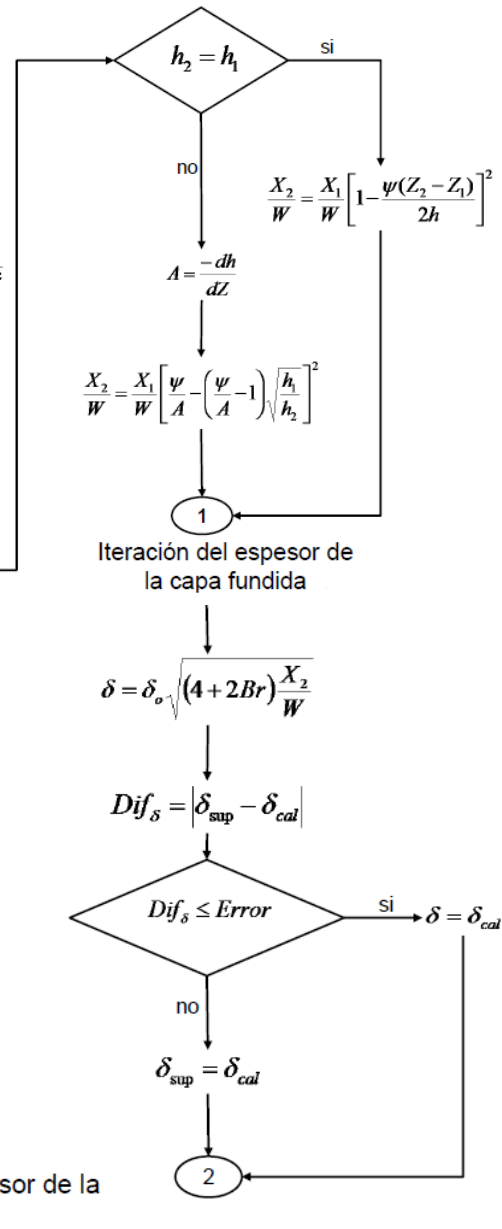
$$\Phi = \left[\frac{v_{bx} \rho_m \left[K_m (T_b - T_m) + \frac{\eta v_j^2}{2} \right]}{2 \left[\lambda + C_s (T_m - T_{so}) + C_m \Theta (T_b - T_m) \right]} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\Psi = \frac{\Phi}{v_{sz} \rho_s \sqrt{X_1}}$$

$$Z = \frac{L}{\sin \varphi_m}$$

SECUENCIA DE CALCULOS PARA EL MODELO DE TADMOR

ANEXO I



ANEXO J.

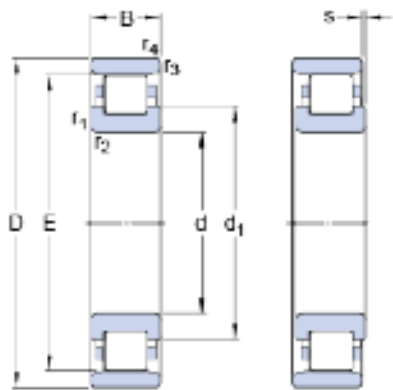
RODAMIENTOS PARA LAS CARGAS RADIAL Y AXIAL EN LA EXTRUSORA.



N 316 ECP

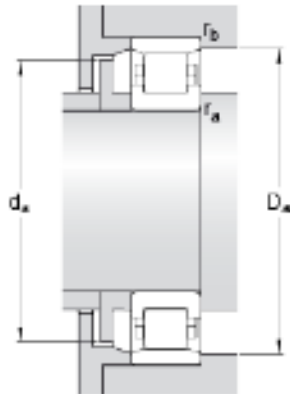
Producto popular
SKF Explorer

Dimensiones



d	80	mm
D	170	mm
B	39	mm
d ₁	≈ 110	mm
E	151	mm
r _{1,2}	min. 2.1	mm
r _{3,4}	min. 2.1	mm
s	max. 2.1	mm

Dimensiones de los resaltes



d _a	min. 92	mm
d _a	max. 148	mm
D _a	min. 154	mm
D _a	max. 157	mm
r _a	max. 2	mm
r _b	max. 2	mm

Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	300	kN
Capacidad de carga estática básica	C ₀	290	kN
Carga límite de fatiga	P _u	36	kN
Velocidad de referencia		4300	r/min
Velocidad límite		5000	r/min
Factor de cálculo	k _r	0.12	

Calculation data

Cálculo de carga: Valor límite	e	0.2
Cálculo de carga: Factor de cálculo	Y	0.6

Masa

Rodamiento de masa	3.91	kg
--------------------	------	----

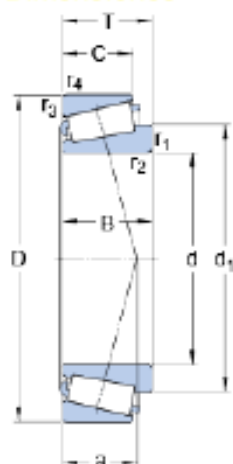
31316

SKF Explorer

Series de dimensiones

7GB

Dimensiones

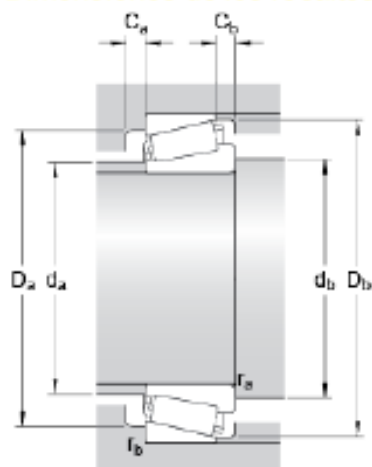


d	80	mm
D	170	mm
T	42.5	mm
d ₁	≈ 125.38	mm
B	39	mm
C	27	mm
r _{1,2}	min. 3	mm
r _{3,4}	min. 2.5	mm

Dimensions

a	51.517	mm
---	--------	----

Dimensiones de los resaltes



d _a	max. 97	mm
d _b	min. 93.5	mm
D _a	min. 134	mm
D _a	max. 159	mm
D _b	min. 159	mm
C _a	min. 5	mm
C _b	min. 15.5	mm
r _a	max. 3	mm
r _b	max. 2.5	mm

Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	276	kN
Capacidad de carga estática básica	C ₀	265	kN
Carga límite de fatiga	P _u	30.5	kN
Velocidad de referencia		3000	r/min
Velocidad límite		4000	r/min
Factor de cálculo	e	0.83	
Factor de cálculo	Y	0.72	
Factor de cálculo	Y ₀	0.4	

Masa

Rodamiento de masa		4.06	kg
--------------------	--	------	----

ANEXO K.

FICHA TÉCNICA DEL MOTOR DE ACCIONAMIENTO.



Información del producto

Descripción de catálogo

R87DRS132MC4

Reductores de engranajes cilíndricos R + Motores de CA DRS.. (IE1)

Su mensaje

Nota

voltaje motor 220 - 440 V

Datos de producto

Velocidad nominal del motor	[1/min] : 1765	
Velocidad de salida	[1/min] : 92	
Índice de reducción total	: 19,10	
Par de salida	[Nm] : 950	
Factor de servicio SEW-FB	: 1,50	
Posición de montaje	: M1	
Pintura imprimación/CapaFinal	: 7031 Gris azulado (51370310)	
Posición de conexión/caja de bornas	[°] : 270	
Entrada de cable/ Posición del conector	: X	
Eje de salida	[mm] : 50x100	
Salida de carga radial permitida a n=1750	[N] : 13000	
Cantidad de lubricante 1er reductor	[Litro] : 2,3	
Potencia del motor	[kW] : 9,2	
Factor de duración	: S1-100%	
Clase eficiente	: IE1	
Eficiencia (50/75/100% Pn)	[%] : 89 / 89 / 88,5	
Marcado CE	: No	
Tensión del motor	[V] : 254/440	
Esquema de conexionado	: R13	
Frecuencia	[Hz] : 60	
Corriente nominal	[A] : 29 / 16,7	
Cos Phi	: 0,82	
Clase de aislamiento	: 155(F)	
Tipo protección del motor	: IP55	
Requisito del diseño	: IEC	
Momento de inercia de masa del motor	[10 ⁻⁴ kgm²] : 347,58	
Peso neto	[Kg] : 118	

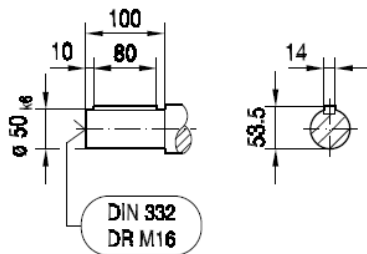
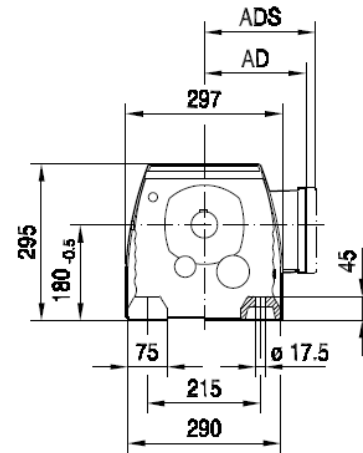
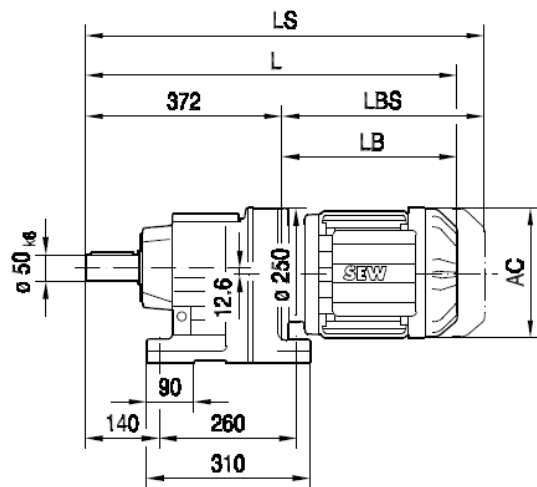
Características adicionales

Eje de salida: 50x100 mm

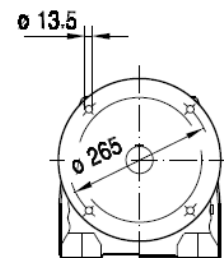
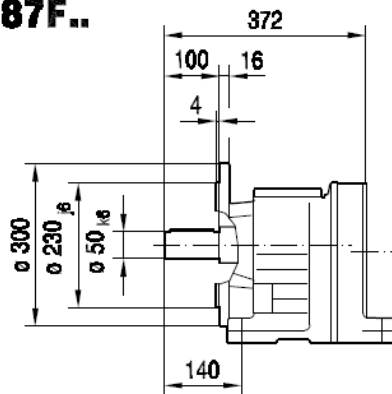
Grado de protección IP 55

Tensión, frecuencia, bobinado

R87..



R87F..



(→ 131)	DR71M	DR80S	DR80M	DR90M	DR90L	DR100M	DR100L/LC	DR132S	DR132M/MC	DR160..	DR180S/M	DR180L/LC
AC	139	156	156	179	179	197	197	221	221	270	316	316
AD	119	128	128	140	140	157	157	170	170	228	253	253
ADS	129	139	139	150	150	158	158	172	172	228	253	253
L	581	590	621	623	643	673	703	746	796	837	906	966
LS	649	671	702	716	736	766	796	858	908	974	1095	1155
LB	209	218	249	251	271	301	331	374	424	465	534	594
LBS	277	299	330	344	364	394	424	486	536	602	723	783

ANEXO L.

POTENCIA TRANSMITIDA POR CADA CORREA INDUSTRIAL EN “V” CLASICA, DE SECCIÓN TIPO B.

dpp mm	R	Revoluciones por minuto np de la polea menor																				
		200	300	400	500	600	700	800	950	1000	1200	1450	1800	2000	2200	2400	2850	3200	3600	4000		
112	1,00	0,46	0,64	0,80	0,95	1,10	1,23	1,36	1,55	1,60	1,83	2,07	2,37	2,51	2,64	2,74	2,89	2,93	2,88	2,71		
	1,05	0,47	0,66	0,83	0,98	1,13	1,27	1,41	1,60	1,66	1,90	2,16	2,48	2,63	2,77	2,88	3,06	3,12	3,09	2,95		
	1,20	0,50	0,69	0,87	1,04	1,20	1,36	1,50	1,71	1,78	2,04	2,33	2,69	2,87	3,02	3,16	3,39	3,49	3,51	3,42		
	1,50	0,52	0,72	0,91	1,09	1,26	1,42	1,58	1,80	1,87	2,15	2,46	2,85	3,05	3,23	3,38	3,65	3,78	3,84	3,78		
	≥ 3,00	0,53	0,74	0,94	1,12	1,30	1,47	1,63	1,86	1,94	2,22	2,56	2,97	3,18	3,37	3,54	3,84	3,99	4,07	4,05		
125	1,00	0,57	0,79	1,00	1,20	1,38	1,56	1,73	1,98	2,06	2,35	2,69	3,10	3,30	3,47	3,62	3,84	3,91	3,86	3,66		
	1,05	0,58	0,81	1,03	1,23	1,42	1,60	1,78	2,03	2,11	2,42	2,77	3,20	3,41	3,60	3,76	4,01	4,10	4,07	3,90		
	1,20	0,60	0,85	1,07	1,29	1,49	1,69	1,87	2,14	2,23	2,56	2,94	3,41	3,65	3,85	4,04	4,34	4,47	4,49	4,36		
	1,50	0,62	0,87	1,11	1,33	1,55	1,75	1,95	2,23	2,32	2,67	3,08	3,58	3,83	4,06	4,26	4,60	4,76	4,82	4,73		
	≥ 3,00	0,64	0,89	1,13	1,36	1,58	1,80	2,00	2,29	2,39	2,75	3,17	3,69	3,96	4,20	4,41	4,79	4,97	5,05	4,99		
140	1,00	0,69	0,97	1,23	1,48	1,71	1,94	2,16	2,47	2,57	2,95	3,38	3,71	4,16	4,38	4,57	4,85	4,92	4,83	4,53		
	1,05	0,70	0,99	1,25	1,51	1,75	1,98	2,20	2,52	2,63	3,02	3,47	4,01	4,28	4,51	4,71	5,02	5,11	5,04	4,77		
	1,20	0,73	1,02	1,30	1,56	1,82	2,06	2,30	2,63	2,74	3,16	3,63	4,22	4,51	4,77	4,99	5,35	5,48	5,46	5,23		
	1,50	0,74	1,05	1,34	1,61	1,87	2,13	2,37	2,72	2,83	3,27	3,77	4,39	4,70	4,97	5,21	5,61	5,78	5,79	5,60		
	≥ 3,00	0,76	1,07	1,36	1,64	1,91	2,17	2,42	2,78	2,90	3,35	3,86	4,50	4,83	5,12	5,37	5,80	5,98	6,02	5,86		
160	1,00	0,85	1,20	1,53	1,84	2,14	2,43	2,71	3,11	3,24	3,72	4,27	4,94	5,26	5,53	5,75	6,04	6,06	5,82			
	1,05	0,86	1,22	1,55	1,87	2,18	2,47	2,76	3,16	3,29	3,79	4,36	5,04	5,37	5,66	5,89	6,21	6,25	6,04			
	1,20	0,89	1,25	1,60	1,93	2,25	2,55	2,85	3,27	3,41	3,93	4,53	5,25	5,61	5,91	6,17	6,54	6,62	6,46			
	1,50	0,91	1,28	1,64	1,98	2,30	2,62	2,92	3,36	3,50	4,04	4,66	5,42	5,79	6,12	6,39	6,80	6,91	6,79			
	≥ 3,00	0,92	1,30	1,66	2,01	2,34	2,66	2,98	3,42	3,57	4,12	4,76	5,54	5,92	6,26	6,55	6,99	7,12	7,02			
180	1,00	1,01	1,43	1,83	2,20	2,57	2,92	3,25	3,73	3,89	4,47	5,13	5,91	6,28	6,57	6,80	7,04	6,93				
	1,05	1,02	1,45	1,85	2,23	2,60	2,96	3,30	3,79	3,95	4,54	5,22	6,02	6,39	6,70	6,94	7,21	7,12				
	1,20	1,05	1,48	1,90	2,29	2,67	3,04	3,39	3,90	4,06	4,68	5,39	6,23	6,63	6,96	7,22	7,54	7,49				
	1,50	1,06	1,51	1,93	2,34	2,73	3,10	3,47	3,99	4,16	4,79	5,52	6,39	6,81	7,16	7,44	7,80	7,78				
	≥ 3,00	1,08	1,53	1,96	2,37	2,77	3,15	3,52	4,05	4,22	4,87	5,62	6,51	6,94	7,31	7,60	7,99	7,99				
200	1,00	1,17	1,66	2,12	2,56	2,99	3,39	3,79	4,35	4,53	5,20	5,96	6,83	7,21	7,52	7,73	7,82					
	1,05	1,18	1,67	2,14	2,59	3,02	3,44	3,83	4,40	4,59	5,27	6,04	6,93	7,33	7,65	7,87	7,99					
	1,20	1,20	1,71	2,19	2,65	3,09	3,52	3,93	4,51	4,70	5,41	6,21	7,14	7,57	7,90	8,15	8,32					
	1,50	1,22	1,74	2,23	2,69	3,15	3,58	4,00	4,60	4,79	5,52	6,35	7,31	7,75	8,11	8,37	8,58					
	≥ 3,00	1,23	1,76	2,25	2,73	3,19	3,63	4,05	4,66	4,86	5,60	6,44	7,43	7,88	8,25	8,52	8,77					
224	1,00	1,35	1,92	2,47	2,98	3,48	3,96	4,41	5,06	5,27	6,05	6,90	7,84	8,23	8,50	8,64						
	1,05	1,37	1,94	2,49	3,01	3,52	4,00	4,46	5,12	5,33	6,12	6,98	7,94	8,35	8,63	8,79						
	1,20	1,39	1,98	2,54	3,07	3,58	4,08	4,55	5,23	5,45	6,26	7,15	8,15	8,58	8,89	9,07						
	1,50	1,41	2,00	2,57	3,12	3,64	4,14	4,63	5,32	5,54	6,37	7,29	8,32	8,76	9,09	9,29						
	≥ 3,00	1,42	2,02	2,60	3,15	3,68	4,19	4,68	5,38	5,60	6,45	7,38	8,44	8,89	9,23	9,41						
250	1,00	1,55	2,21	2,84	3,43	4,01	4,55	5,08	5,82	6,05	6,92	7,85	8,82	9,17	9,36	9,38						
	1,05	1,56	2,23	2,86	3,46	4,04	4,59	5,12	5,87	6,11	6,99	7,94	8,93	9,29	9,49	9,53						
	1,20	1,59	2,26	2,91	3,52	4,11	4,68	5,22	5,98	6,23	7,13	8,11	9,13	9,52	9,75	9,80						
	1,50	1,61	2,29	2,94	3,57	4,17	4,74	5,29	6,07	6,32	7,24	8,24	9,30	9,71	9,95	10,03						
	≥ 3,00	1,62	2,31	2,97	3,60	4,21	4,79	5,34	6,13	6,38	7,32	8,34	9,42	9,84	10,10	10,18						
280	1,00	1,78	2,54	3,26	3,94	4,60	5,23	5,82	6,66	6,92	7,88	8,86	9,79	10,04								
	1,05	1,79	2,56	3,28	3,97	4,64	5,27	5,87	6,71	6,98	7,95	8,95	9,90	10,16								
	1,20	1,82	2,59	3,33	4,03	4,71	5,35	5,96	6,82	7,09	8,09	9,12	10,10	10,39								
	1,50	1,83	2,62	3,37	4,08	4,76	5,41	6,04	6,91	7,19	8,20	9,25	10,27	10,58								
	≥ 3,00	1,85	2,64	3,39	4,11	4,80	5,46	6,09	6,97	7,25	8,28	9,35	10,39	10,71								
v (m/s)		5			10			15			20			25			30					